

PRO GRADU -TUTKIELMA

Päivi Julin

**Palvelu- ja toimitilarakentamisen ennakoivat
indikaattorit ja ennustamisen mallintaminen**

Informaatiotieteiden yksikkö
Tilastotiede
Kesäkuu 2013

Tampereen yliopisto

Informaatiotieteiden yksikkö

JULIN, PÄIVI: Palvelu- ja toimitilarakentamisen ennakoivat indikaattorit ja ennustamisen mallintaminen

Pro gradu -tutkielma, 74 s., 23 liites.

Tilastotiede

Kesäkuu 2013

Tiivistelmä

Palvelu- ja toimitilarakentamista on perinteisesti pidetty johdettuna kysyntänä. Tällöin kyseinen rakentamisen tulisi olla seurausta joistakin edellytyksistä, jotka ohjaavat sen toteutumista. Ymmärtämällä rakentamista ohjailevia virtauksia voidaan ennakoida tulevaisuuden näkymiä.

Tutkielmassa syvennytään palvelu- ja toimitilarakentamisen aloitusten analysointiin rakennustyypeittäin. Rakentamista tarkastellaan seitsemässä rakennusten alakategoriassa ja niistä jokaista verrataan satoihin muuttujaehdokkaisiin. Vertailu suoritetaan ristikorrelaatioita soveltamalla ja vertailun tuloksien perusteella valitaan rakentamisen aloituksille edeltäviä indikaattoreita. Löydettyjä indikaattoreita käyttämällä ennustetaan aloitusten toteutumista lyhyellä aikavälillä. Ennustamisen menetelmänä käytetään aikasarjojen pienimmän kulman regressiota, joka mahdollistaa parhaimpien ennustajien valikoimisen sekä eripituisten ennusteiden tekemisen.

Analysoinnin tulosten ja löytyneiden indikaattorien perusteella useamman rakennustyyppin rakentaminen voisi olla johdettua kysyntää. Löydettyissä indikaattoreissa on myös eroja, siten kaikki rakennustyyppit eivät ole samojen edellytysten seurausta. Määrällisesti toimisto- ja teollisuusrakennukset saivat eniten indikaattoreita, joten ne voivat olla herkempiä reagoimaan erilaisiin vaikuttimiin. Vähiten indikaattoreita löytyi maatalous- ja varastorakennuksille sekä liikenteen rakennuksille, joiden pitäminen johdettuna kysyntänä voidaan jopa kyseenalaistaa. Julkisten palvelurakennuksien indikaattorit näyttävät käyttäytyvän päinvastaisesti muihin rakennustyypeihin verrattuna.

Ennustemallien tulokset osoittavat rakentamisaktiivisuuden ja luottamusindikaattorien olevan varteen otettavia ennustajia rakentamisen aloituksille. Ennusteiden onnistuminen riippuu merkittävästi indikaattoreiden ajallisesta edeltävyydestä. Rakennustyypeistä julkiset palvelurakennukset voivat olla paremmin ennakoitavia vuotta aikaisemmin, kun taas toimisto-, teollisuus- ja liikerakennukset näyttäisivät olevan ennakoitavissa lyhyemmillä näkymillä.

Asiasanat ristikorrelaatio, pienimmän kulman regressio, toimitilarakentaminen, indikaattori

Sisältö

1	Johdanto	9
1.1	Palvelu- ja toimitilarakentaminen - johdettua kysyntää	9
1.2	Indikaattorien löytämisen vaikeus	10
1.3	Tutkielman aihe ja raportoinnin rakenne	11
2	Aineistot ja niiden muuttujat	13
2.1	Toimitilarakentaminen	13
2.2	Muuttujaehdokkaat	15
2.3	Muuttujien maantieteellinen jakautuminen	17
3	Menetelmät ja teoria	19
3.1	Aikasarjat ja niiden ominaisuudet	19
3.2	Ristikorrelaatiot	21
3.3	Aikasarjojen pienimmän kulman menetelmä	22
3.3.1	Tausta ja tarkoitus	22
3.3.2	TS-LARS ja mallintaminen	23
3.3.3	Ennustajien paremmuusjärjestys	24
3.3.4	Muuttujien valinta ja mallin määrittely	27
3.4	Ennusteen piste-estimaatit ja luottamusväli	28
4	Teorian soveltaminen tutkielmassa	30
4.1	Ristikorrelaation toteutus	30
4.1.1	Ristikorrelaatiofunktion käyttö työssä ja ristikorrelaatiot muodostava ohjelma	30
4.1.2	Roolitus ja muuttujien poiminta	31
4.1.3	Kuinka tulkita ristikorrelaatioiden tulosteita, huippujen liikettä ja 3D-kuvia	33
4.1.4	Tulosten esittäminen	38
4.2	TS-LARS-menetelmän käytäntö ja ennustaminen	39
5	Tulokset	43
5.1	Ristikorrelaatioiden mukaiset indikaattorit	43
5.1.1	Yleistä ristikorreloinnin tuloksista	43
5.1.2	Kokonaistulokset	43
5.1.3	Suuret indikaattorimagneetit	45
5.1.4	Keskisuurien indikaattorilöydösten rakennustyytit	50
5.1.5	Maatalousrakentaminen, oma pieni yksikkönsä	54

5.1.6	Yksinäiset rakennustyytit: varasto- ja liikenteen rakennukset	55
5.1.7	Indikaattoreiden maantieteellinen jakautuminen	57
5.2	TS-LARS-mallinnukset ja tulevaisuuden näkymät	59
5.2.1	Mallinnukset	59
5.2.2	Tulosten esittämisestä	61
5.2.3	Toimistorakennukset	62
5.2.4	Teollisuusrakennukset	63
5.2.5	Liikerakennukset	63
5.2.6	Julkiset palvelurakennukset	66
6	Yhteenveto	69
	Lähdeluettelo	72
	Liite A: Simulointeja ristikorrelaatiomenetelmästä	75
	Pysyvä suhde	75
	Roolien vaihto	78
	Liite B: Muuttujaehdokkaiden listaus	81
	Liite C: Ennustemallit	89

Lyhenne- ja symboliluettelo

$'$	Transpoosi
x	Aikasarjamuuttuja
x_t	Aikasarjan arvo ajan hetkellä t
$E(x)$	Odotusarvo muuttujalle x
$Var(x)$	Varianssi muuttujalle x
$Cov()$	Kovarianssifunktio
$Cor()$	Korrelaatiofunktio
q	Muuttujien määrä aineistossa
m	Muuttujien määrä mallinnuksessa
n	Muuttujan pituus
h	Horisontti mallissa
p	Viiveen pituus mallissa
j	Indeksi
β	Parametrin kerroin
ϵ	Virhetermi
\bar{x}	Keskiarvo muuttujalle x
$\tilde{\mathbf{x}}_{(j)}$	Standardoitu muuttujavektori j
\mathbf{x}_j	Vektorimuuttuja x , järjestyskseen j
$\underline{\mathbf{x}}$	Muuttujan x viivästettyjen arvojen matriisi
\mathbf{x}	Muuttuja x vektorina
A	Järjestettyjen muuttujien joukko A
A^c	Järjestämättömien muuttujien joukko, A :n komplementti
T	Aineiston koko horisonttivähennyksen jälkeen
R^2	Selitysaste lineaarisesta mallista
k	Muuttujien järjestämisen askel
\mathbf{R}_k	Korrelaatiomatriisi kooltaan $k \times k$
$\mathbf{1}_k$	Yksikkövektori pituudeltaan k
γ_k	Supistamiskerroin askeleella k
\mathbf{u}_k	Tasakulmainen vektori askeleella k
BIC	Bayesin Informaatiokriteeri
CCF	Ristikorrelaatiofunktio
PNS	Pienimmän neliösumman menetelmä
MA	Liukuva keskiarvo
LARS	Least Angle Regression
TS-LARS	Time Series Least Angle Regression

1 Johdanto

1.1 Palvelu- ja toimitilarakentaminen - johdettua kysyntää

Yhteiskunta on jatkuvassa muutoksessa. Se sopeutuu ympäriltään tuleviin ärsykkeisiin ja kehittyy niiden mukana. Yleisesti sekä taloudelliset että väestöteolliset muutokset muokkaavat yhteiskunnan rakennetta. Erityisesti Suomessa alueet erikoistuvat ja jakaantuvat aluekeskuksiin ja autioituviin maaseutuihin. Lisäksi kansainvälinen vuorovaikutus ja Euroopan yhdistyminen tuovat yhtenäisyyttä yhteiskuntien tapahtumien ja kehitysten kulkuun. Suurempien kokonaisuuksien, kuten talousalueen, harmonia ohjaa pienempiä komponenttejaan. Vastaavasti rakentaminen on tärkeä osa yhteiskunnan toimintaa ja siten myös se on kiinni muutoksessa.

Terminä palvelu- ja toimitilarakennukset tarkoittavat rakennuksia, joita ei ole rakennettu pääasiallisesti asuintarkoitukseen. Tällaisia rakennuksia ovat muun muassa toimistot, tehtaات ja koulut. Niissä voidaan työskennellä, käydä ostoksilla, valmistaa rehua tai seurata teatteria. Siten niiden tehtävä on enemminkin tarjota tiloja, joissa toimia ja jotka palvelevat käyttäjiään. Päivän päätteeksi useimmat käyttäjät palaavat niistä omaan yksityisyyteensä eli asuntoihin.

Siinä missä asuminen onkin ihmisille välttämätön perustarve ja siten asuntojen rakentaminen on enemminkin väestöstä johdettua kysyntää, sanotaan palvelu- ja toimitilarakennuksien olevan toimeliaisuudesta johdettua kysyntää. Tällöin niiden kysyntä olisi riippuvainen muista ympärillä olevista muuttujista ja tapahtumista, joiden puitteissa itse rakentaminen sitten ilmenisi. Palvelu- ja toimitilarakentamista voisikin kuvata tanssipartneriksi, jonka tahdin määrää orkesteri ja suunnan kavaljeeri. Erilaisia viitekehyksiä rakentamiselle voivat luoda esimerkiksi taloudelliset edellytykset ja suhdanteet, jotka sekä heijastavat että muokkaavat yhteiskunnan nykyistä tilaa.

Rakentamisen tulevaisuuden haasteisiin voidaan varautua paremmin ennakkoinnilla. Ennakoinnilla voitaisiin ohjata resursseja tehokkaasti oikeisiin kohteisiin ja tarjontaa saataisiin vastaamaan paremmin kysyntään. Kaiken kaikkiaan, rakennusten määräennusteille on välttämätöntä ymmärtää tarpeita, taloutta ja rakentamisen riippuvuuksia. Hyvät indikaattorit ovatkin pohja paremmalle ennusteelle.

Tässä työssä käytetään termiä indikaattori kuvaamaan sellaista tekijää, joka toiseen muuttujaan verrattuna ajallisesti edeltää tai tapahtuu yhtäaikaaisesti

ja ohjaa jälkimmäisen muuttujan kehitystä. Jäljessä toteutuva tekijä reagoi siis ensimmäisen tekijän muutoksiin.

1.2 Indikaattorien löytämisen vaikeus

Rakentamisen ennakkoinnin avuksi on löydetty erilaisia indikaattoreita aikaisemminkin. Vaikuttavia tekijöitä Suomen markkinoilta on löydetty muun muassa taloudelliselta puolelta (Seestie 2006) ja väestöllisistä tekijöistä (Vainio, Belloni & Jaakkonen 2012).

Vaikka ennustukset sisältävät aina epävarmuutta, ovat ennusteiden lähtökohdat usein kuitenkin jo yksi epävarmuustekijä. Tutkijat Fan, Ng ja Wong (2011) kommentoivat aiempien rakennusennusteiden laadintaa. He muistuttavat, että tulokset perustuvat stabiileille muuttujien välisille suhteille, vaikka ennusteet on tehty laajoille alueille ja aikajanoille. Mutta voidaanko edes olettaa, että rakentamiseen vaikuttavat tekijät ovat vakaita?

Toisinaan ennusteisiin käytetään oletettuja selittäjiä tai aiemmin todettuja indikaattoreita niiden nykyisiä kausaalisuussuhteita tarkistamatta. Tarkemman kausaalisuuden selvittäminen toisi lisäarvoa ennusteille, sillä malleihin saataisiin paitsi kohderyhmän parhaat vaikuttajat ja myös niiden ajallinen vastaavuus voitaisiin kohdistaa paremmin. Laadukkaammat muuttujat parantaisivat malleja, muun muassa vähentämällä ennusteiden epävarmuutta ja tarkentamalla ennusteiden arvioita.

Oikeanlaisen ennusteen saamiseksi tarvitaan siis tarkoituksenmukaiset tekijät oikeassa aika-avaruuden riippuvuussuhteessa. Tällaisten muuttujien löytäminen voi olla haastavaa, mutta siihen voidaan soveltaa perinteisiä riippuvuussuhteiden määrittäjiä kuten korrelaatioita. Koska indikaattorien etsinnässä ei haluta olettaa, että muuttujien välinen riippuvuus on pysynyt muuttumattomana kaiken aikaa, tulee myös testisuureiden olla joustavia ja mahdollistaa muutosten tapahtuminen ajan kuluessa. Muutos voi tässä tapauksessa tarkoittaa riippuvuuden voimakkuuden, muuttujien välisen viiveen tai muuttujien roolien muutosta. Muuttujien rooleista mainittaessa tarkoitetaan termejä edeltäjä, yhtäaikainen ja seuraaja. Kun kahdella muuttujalla on riippuvuussuhde aika-avaruudessa, voivat ne riippua toisistaan välittömästi tai viiveen kanssa. Mikäli suhteessa ilmenee viivettä, on toinen muuttuja välttämättä edeltäjä ja toinen vastaavasti seuraaja.

Ristikorrelaatiot mittaavat aikasarjallisten muuttujien välistä korrelaatiota eri viiveillä eli aikaerolla. Sarjojen viiveelle saadaan paras vastaavuus, kun eri ristikorrelaatioista löydetään itseisarvoltaan suurin korrelaatiokerroin. Tällöin sarjojen signaalit ovat parhaiten toistensa kaltaiset. Myös kausaalisuutta voidaan hahmottaa ristikorrelaatioista, sillä viive kertoo muuttujien tapahtumajärjestyksestä. Ristikorrelaatioita on sovellettu muun muassa löytämään indikaattoreita lääketieteessä (mm. Bloom, Buckerbridge & Cheng 2007) ja ekonometriassa (mm. Cesaroni 2011, Detotto 2012, Nippala & Julin 2012). Ristikorrelaatioista voidaan hakea muun muassa sellaisia indikaattoreita, joiden

rooli rakentamista kohtaan on edeltävää tai yhtäaikaista.

Kuitenkin perinteinen ristikorraatio ei anna välttämättä parasta kuvaa todellisesta riippuvuussuhteesta, sillä se yleistää ja keskinkertaistaa signaalien suhdetta. Pitkillä sarjoilla lasketut ristikorraatiot antavat tulokseksi vain ajallisesti dominoivan tai voimakkaimman suhteen. Tämän takia asiaa tulisi tarkastella jaksottamalla ristikorraatioiden laskemista, jotta voidaan tarkastella suhteen viiveen ja voimakkuuden muutoksia kautta aikain.

Rakentamiselle löydettyillä indikaattoreilla voidaan muodostaa ennustavia malleja. Kaikkia indikaattoreita ei tarvita ennustamisessa, vaan selittäviä muuttujia tulisi valikoida ja poimia parhaita ennustajia. Aikasarjojen pienimmän kulman -menetelmä (*Time Series Least Angle Regression*, merk. TS-LARS) on mallintamisen prosessi, joka on kehitetty muodostamaan lineaarinen malli muuttujien välille tilanteessa, jossa ennustavien indikaattoreiden määrä on suuri. Valitut muuttujat määräytyvät sen perusteella, kuinka hyvin ne ennustavat tulevaa. (Gelper & Croux 2008)

Rakentamalla ennustemalli oikeilla muuttujilla voidaan tulevia rakentamisen trendejä ennakoita ja saada samalla tärkeää informaatiota tekijöiden suhteista. Lisäksi voidaan selvittää, onko rakentamisen pitämiseen johdettuna kysyntänä perusteita.

1.3 Tutkielman aihe ja raportoinnin rakenne

Mikäli palvelu- ja toimitilarakentaminen todella on johdettua kysyntää, tulee sillä olla edeltäviä indikaattoreita eli taustalla olevia voimia, jotka ohjaavat ja säätelevät itse rakentamista. Tutkielman aiheena on etsiä tällaisia tekijöitä, indikaattoreita, palvelu- ja toimitilarakennusten rakentamisen volyymeille. Tämän lisäksi rakentamisen ennakoimiselle rakennetaan löydetystä indikaattoreista ennustemalli, jolla voidaan hahmottaa tulevaisuuden näkymiä. Yksinkertaistettu tavoitekaavio tutkielmalle on esitetty kuviossa 1.1.



Kuvio 1.1. Tutkielman lähtökohdat ja tavoite.

Tutkielman aluksi, luvussa 2, esitellään käytetty aineisto. Selitettävät muuttujat esitellään ensin ja tämän jälkeen niitä vastaavat indikaattoriehdokkaat, joista suoritetaan indikaattoreiden etsintä. Lisäksi esitellään käytetyt tietokannat ja eritellään tarkemmin indikaattoreiden valitsemisen perusteita ja kompro-

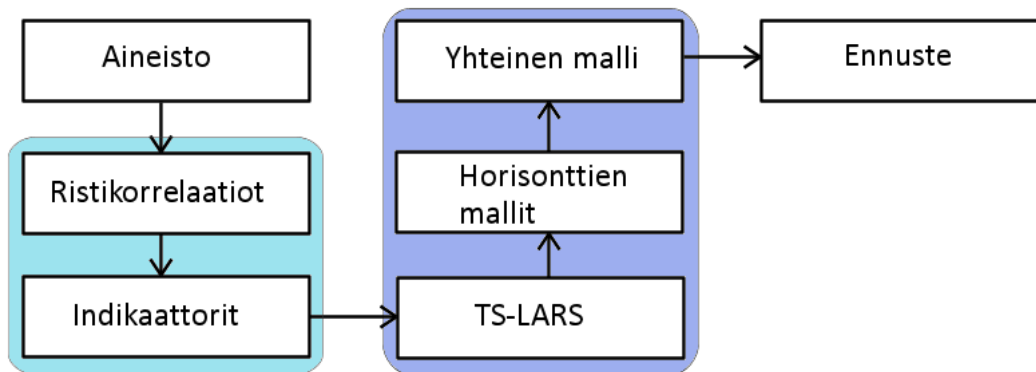
misestä. Myös muuttujien maantieteellistä sijoittumista selostetaan perusteellisesti.

Tutkielman kokonaisuus keskittyy lähinnä kahteen vaiheeseen: indikaattoreiden valitsemiseen ja mallinnuksen tuottamiseen (tutkimuksen tarkempi eteneminen on kuviossa 1.2). Nämä vaiheet jakautuvat paitsi tarkoituksen myös menetelmien mukaan, ja ne esitellään luvussa 3, jossa keskitytään menetelmien ja niiden pohjalla olevien teorioiden esittelyyn. Aluksi käsitellään aikasarjoja ja ristikorrelaatiota. Sitten siirrytään metodien pariin, ja alaluvussa 3.2 esitetään, miten ristikorrelaatioiden avulla etsitään rakentamisen indikaattoreita. Lopuksi alaluvussa 3.3 esitellään TS-LARS-menetelmä ja sen soveltaminen ristikorrelaation tuloksiin. Tarkastellaan myös menetelmän ennustamisen rakentumista ja toimivuuden testausta.

Teorian soveltaminen käytäntöön esitellään luvussa 4, jossa käydään läpi ristikorrelaatioille suunnitellun ohjelman rakenne ja valitsemiskriteerit. Lisäksi perehdytään tutkielmaa varten kehitettyihin grafiikoihin ja niiden tulkintaan. Tarkennetaan myös, miten TS-LARS-menetelmää jatkojalostetaan ennustamista varten.

Tuloksia indikaattoreiden löytämisestä aina oikeisiin ennusteisiin tarkastellaan luvussa 5. Löydetty indikaattorit listataan ja pohditaan eri rakennustyyppien indikaattoriryhmien eroja. Lopullisista indikaattorimuuttujista muodostetaan graafisia toteutuksia. Lisäksi esitetään TS-LARS-mallit ja ennusteet.

Viimeiseksi tutkielman tulokset tiivistetään luvussa 6. Edellä mainittujen lisäksi raportin liitteissä on myös teorian todistamista sekä listaus testatuista ja löydettyistä indikaattoreista.



Kuvio 1.2. Tutkielman vaiheittainen eteneminen – aineiston käsittely, indikaattoreiden poiminta (sininen), mallintaminen (violetti) ja ennusteen tuottaminen.

2 Aineistot ja niiden muuttujat

2.1 Toimitilarakentaminen

Tutkielmassa käsitellään palvelu- ja toimitilarakentamista niiden volyymeilla, kuutiometreinä. Koska rakennukset eriävät suuresti rakenteiltaan ja suuruuksiltaan, ei rakentamisen yksikkönä käytetä rakennusten lukumäärää vaan niiden tilavuutta. Tarkemmin määriteltynä kyseessä ovat neljännesvuosittaiset tilavuudet kunkin rakennustyyppin aloitetuista rakennuksista. Tiedot ovat saatavissa Tilastokeskuksen tietokannoista (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2012a), ja niitä päivitetään tasaisin väliajoin.

Uusimmissa tiedoissa Tilastokeskus käyttää jonkin verran estimointia ja päivittää aineistoja tietyn ajan. Myöhään ilmoitettujen rakennusten tiedot jäävät puuttumaan aineistoista, mikä erityisen isojen rakennushankkeiden kohdalla voi vääristää tietoja. Mallinnuksessa käytettävät tiedot ovat poimittu 17.8.2012. Vastaavasti rakentamisen ennusteita on verrattu joulukuussa 2012 ilmestyneisiin rakennusarvoihin.

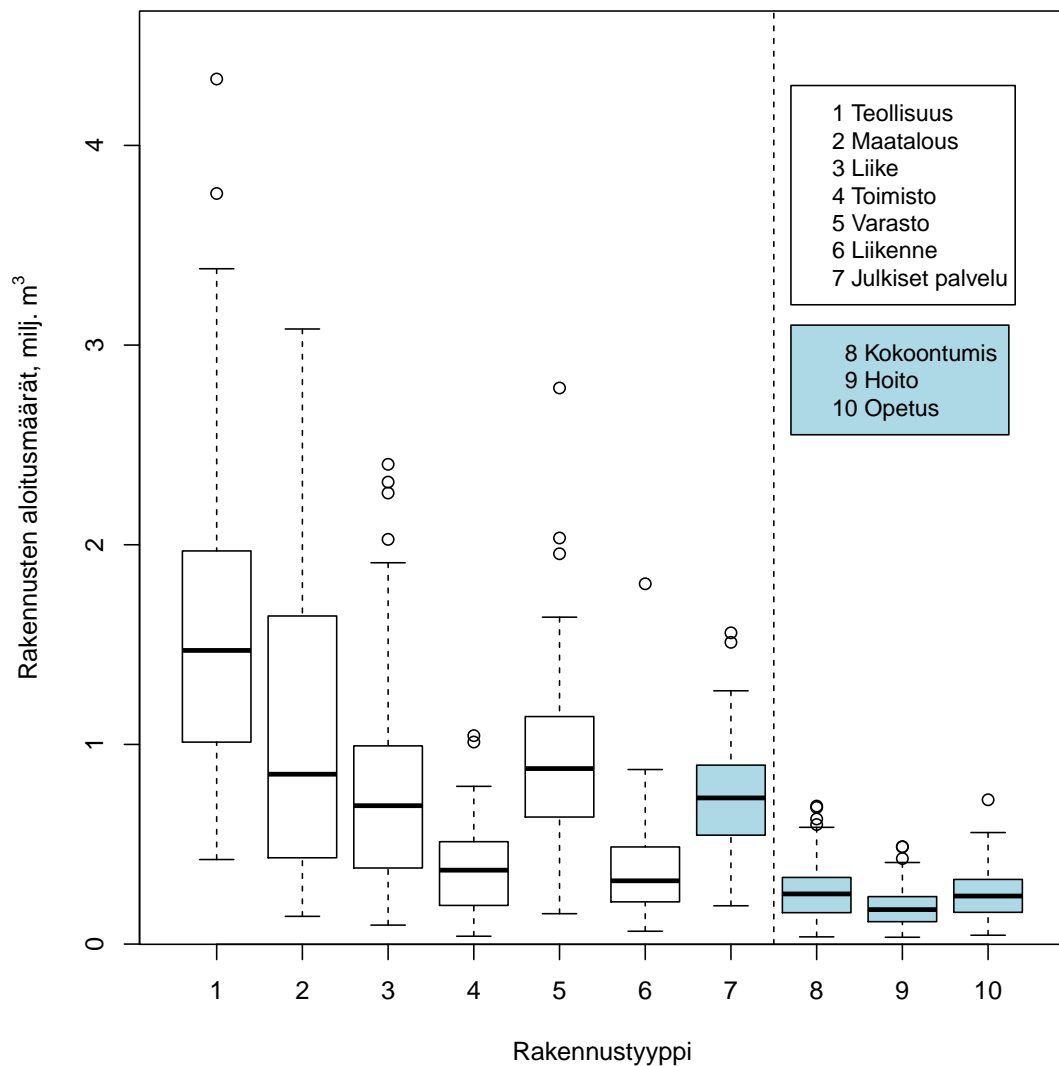
Tarkastelu indikaattoreille tehdään seitsemän eri rakennustyyppin mukaan. Ryhmittelyä onkin järkevä suosia liiallisen yleistämisen välttämiseksi. Päätoimisen käyttötarkoituksen mukaan rakennustyypit ovat:

- julkiset palvelurakennukset
- liikenteen rakennukset
- maatalousrakennukset
- teollisuusrakennukset
- toimistorakennukset
- varastorakennukset
- varsinaiset liikerakennukset

Liikerakennukset kattavat kaupalliseen toimintaan tarkoitetut yksiköt, kuten kaupat, hotellit ja ravintolat. Liikenteen rakennukset sisältävät erilaiset asemat, terminaalit ja tietoliikenteen rakennukset. Maatalousrakennukset muodostuvat maatalouden harjoittamisen rakennelmista, kuten navetoista, eläinsuojista ja kasvihuoneista. Teollisuusrakennuksiksi luokitellaan voimalaitokset, teollisuushallit ja teollisuuden tuotantotilat. Varastorakennukset ovat teollisuuden tai

kaupan käyttöön rakennettuja varastoja sekä logistiikkakeskuksia. Vain julkiset palvelurakennukset muodostuvat useasta luokitustyyppistä (hoitoalan rakennukset: sairaalat, vankilat jne.; opetusrakennukset: koulut ja oppilaitokset sekä kokoontumisrakennukset: kirjastot, teatterit, kirkot ja urheiluhallit), sillä yksittäiset luokat olivat kovin pieniä ja vaihtelevia itsenäisiin analyysihin.

Kuviossa 2.1 on esitetty kaikkien rakennustyyppien aloitusten laatikkोजना -kuviot. Keskimääräisesti suurimmat rakennustyyppit löytyvät teollisuuden, maatalouden ja varastojen puolelta. Hajontaa on kuitenkin kaikilla rakennustyypeillä ja poikkeuksellisen suuria aloitusmääriä on lähes kaikilla. Julkiset palvelurakennukset muodostuvat kolmesta alaryhmästä, mutta niiden pienyyden vuoksi julkiset rakennukset analysoidaan yhtenä ryhmänä.



Kuvio 2.1. Rakennusten aloitukset (milj. m³) tyypeittäin. Laatikkोजनाkuvio vuosien 1980-2012 havainnoista.

Suoritetuissa riippuvuusanalyysissä verrataan muuttujien yhteyttä aloitettui-

hin rakennuksiin. Vaikka ensisijaisesti rakennusluvut edeltävät aloituksia, on lupia mielenkiintoisempaa tarkkailla aloituksia, sillä rakentaminen aloitetaan vasta sitten, kun siihen on edellytykset talouden tai tilanteen mukaan. Kuitenkin on otettava huomioon, että rakentamispäätöksen ja myönnetyn rakennusluvan välissä on suunnittelua ja yhteistyötä viranomaisten kanssa ennen kuin lupa myönnetään. Tällöin jo pelkästään muuttujissa itsessään saattaa olla hie-
man viivettä, mikä tulee ottaa huomioon indikaattorien tulkinnassa. Testaus-
vaiheessa tarkastellaan selittävinä muuttujina aloitettujen rakennusten määrää
ja valmistuneita rakennuksia, joiden tulisi luonnollisesti seurata myönnettyjä
rakennuslupia.

Ajallisesti rakentamisen aineistoa tarkastellaan vuodesta 1980 lähtien. Tälle aikavälille sijoittuu muutamia poikkeuksellisia aikoja, muuan muassa rahoitus-
markkinoiden vapautuminen 80-luvulla muuttui lopulta 90-luvun alun lamak-
si. Myös yksittäisillä rakennustyypeillä on erityisiä kausia, joista mainittakoon
vuosituhannen vaihteen nuosusuhdanne toimistorakentamisessa sekä varasto-
rakennusten aloituspiikki vuonna 2007. Poikkeusvuosien läsnäolo noteerataan
tuloksia tulkittaessa, sillä ne voivat merkitä muun muassa käännekohtia riip-
puvuussuhteille. Ristikorrelointi suoritetaan ajallisesti etenevin otoksin, jolloin
muutoksia korrelaatiossa voidaan luonnollisesti havainnoida.

2.2 Muuttujaehdokkaat

Selittäviä tekijöitä etsitään useamman osa-alueen tekijöistä, joita pohdittiin
VTT Expert Services -tiimin ES1082 työpajassa 5.6.2012. Työryhmän ehdo-
tuksia noudattaen aineistoja on koottu niin julkisista tietokannoista (mm. Ti-
lastokeskus ja Eurostat) kuin VTT:n yksityisistä kokoelmista.

Indikaattoreita etsitään viidestä eri kategoriasta (ehdokkaiden lukumäärä
/ ryhmien lukumäärä):

- rakentaminen (127 kpl / yhdeksässä ryhmässä)
- talous (54 kpl / kuudessa ryhmässä)
- energia ja materiaalit (9 kpl / kahdessa ryhmässä)
- luottamusindikaattorit (177 kpl / neljässä ryhmässä)
- teollisuus (33 kpl / kolmessa ryhmässä)

Rakentamisen muuttujaehdokkaiden on tarkoitus käsitellä itse rakentamisen
markkinoiden sisäisiä tapahtumia. Mikäli markkinoilla on yleisesti aktiivista
toimintaa, voi yleinen trendi nostattaa myös aloituksia. Toisaalta eri maiden
rakennusaktiivisuudet voivat myös ennakoita Suomen tilannetta. Muuttuja-
ryhmät ovat Suomen kohdalla asuntojen hintaindeksit, rakentamisen kuutiot ja
erilaiset rakennusindeksit. Euroopasta on mitattu pohjoismaista rakentamista,
maa- ja vesirakentamisen indeksejä, rakennusten ja rakentamisen tuottajain-
deksejä sekä rakennuslupia.

Talouden puolelta tutkitaan kokonaistuotannon määrän, varallisuuden ja kaupankäynnin tilanteita sekä työllisyyden ja tuottavuuden vaikutuksia rakentamiseen. Ilman taloudellisia edellytyksiä rakentamistahan ei voida edes toteuttaa. Ryhmiksi kerättiin tietoja kansantalouden tilasta eli ulkomaankaupasta, erilaisista investoinneista, kulutusmenoista ja kysynnöistä. Lisäksi poimittiin palkkasummakuvaajia, Suomen Pankin korkoja ja Helsingin pörssin kurseja. Työmarkkinoita mitattiin aina työllisyydestä yritysten määrään. Myös valikoima eurooppalaisia bruttokansantuotteita otettiin mukaan.

Energia- ja materiaalitietojen kerääminen osoittautui hankalaksi ja aineistoon löydettiin vain muutamia tekijöitä. Löydetty tekijät koskevat öljyn hintaa, sementin toimituksia, rakennus- ja lämmöneristystarvikkeita sekä sähkön hintaa. Varsinkin öljyn hintatiedot haluttiin poimia mukaan, sillä raaka-öljyn tarjonta on jo itsessään maailmantaloudelle huomattava riski sen riippuessa maantieteellisistä ja poliittisista tekijöistä (Suni 2012). Euroopassa öljynhinnalla on jo aloitettu kuluttajien käyttäytymiseen vaikuttaminen ja erityisesti öljyn kulutuksen kasvun hiljentäminen (Suni 2012). Toisaalta myös rakennustarvikkeiden ja -materiaalien saanti voi vaikuttaa rakentamisen aloittamiseen ja rakennusmarkkinoiden aktiivisuuteen.

Luottamusindikaattorit mittaavat kuluttajien ja kansalaisten luottamusta talouteen ja yhteiskuntaan. Aina päätöksiä ei tehdä nykyhetken tilanteen mukaan, vaan tilannetta heijastetaan tulevia näkymiä ajatellen. Ihmiset saattavat toimia enemmän siten, miltä heistä tuntuu, kuin miten asiat itse asiassa ovat kyseisellä hetkellä. Edelleen luottamusindikaattoreiden toteutumiseen vaikuttaa myös kuluttajien mahdollisuus toimia omien uskomusten pohjalta (Kangassalo 2009). Koska indikaattoreiden kohdalla kyse on tulevaisuuden alustavasta arvioimisesta, voidaan niillä projisoida todellisia tapahtumia aikaisemmin. EU:n alueen yleisten luottamusindikaattorien lisäksi mukaan on otettu Suomen suhdanne- ja ostobarometreja. Mielenkiintoista on nähdä alueellisten luottamusindikaattoreiden jakaantuminen, sillä pelkästään alueellisesti luottamus on erilaista: Pohjoismaissa talouskehitykseen suhtaudutaan myönteisesti, Etelä-Euroopassa negatiivisesti (Kangassalo 2009).

Viimeisenä kategoriana aineistossa on teollisuus, jolla on ollut suuri merkitys Suomen taloudelle. Teollisuuteen perustuva vienti vastaa lähes 80 % Suomen kokonaisviennistä (Rikama 2010). Hallitseva osuus ulkomaankaupasta tekee taloudesta myös hyvin herkän kansainväliselle kilpailulle ja suhdanteille (Rikama 2010). Voi olla todennäköisempää, että rakentaminen lisää teollisuutta uusien toimi- ja tuotantotilojen lisäämisellä kuin olisi sen seurausta. Toisaalta muiden maiden teollisuuden kasvu voi kasvattaa myös Suomen teollisuuden tilauksia tai luottamusta kaupan käyttäytymiseen, mikä edelleen näkyisi kotimaan teollisuusrakennusten investoimisena. Teollisuuden ryhminä käytetään liikevaihtoa ja tuotantomääriä kuvaavia suureita sekä teollisen tuotannon ja tuottajahintojen indeksejä maittain.

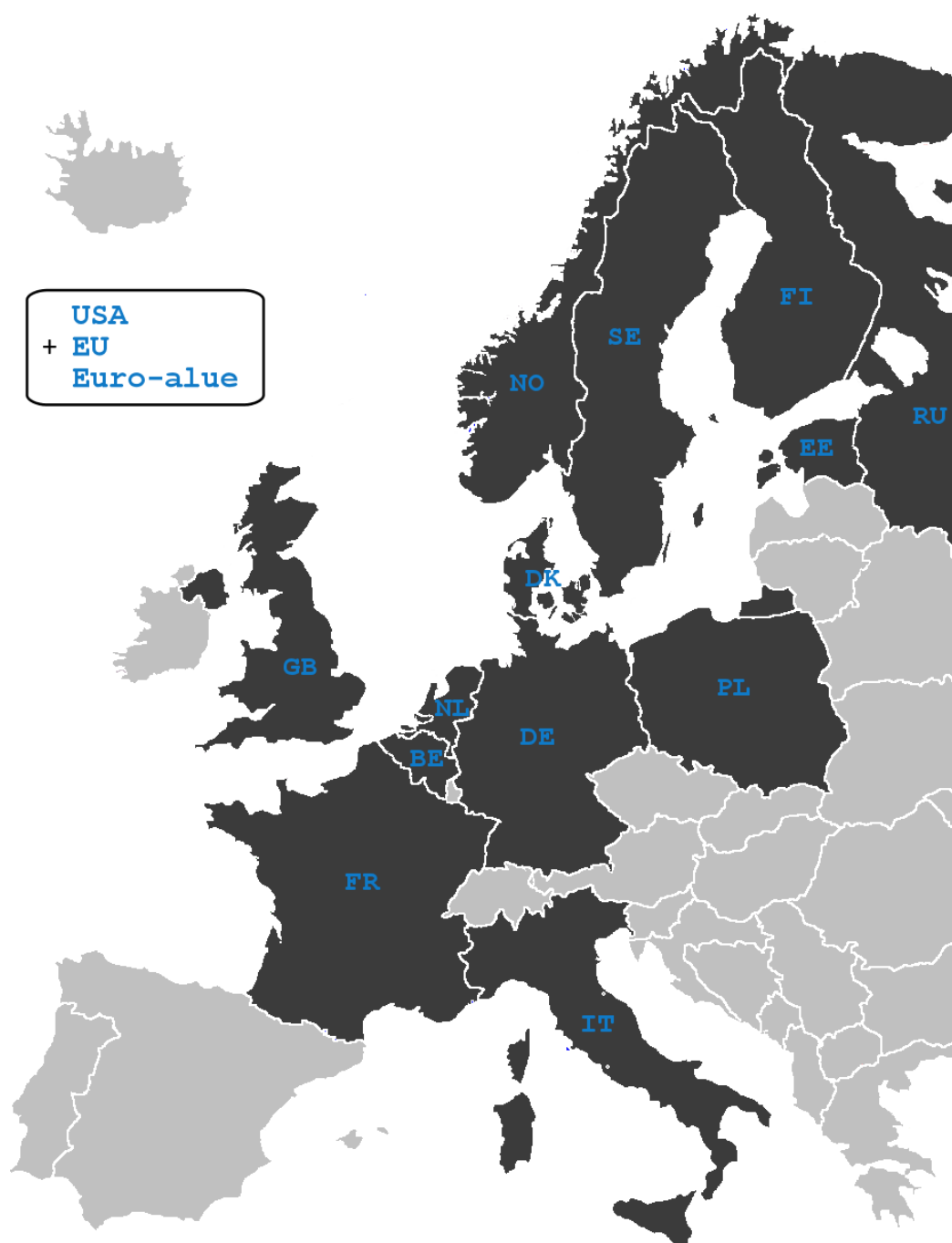
2.3 Muuttujien maantieteellinen jakautuminen

Suomen rakennusmarkkinat ja rakentamisen toiminta ei ole vain kotimaahan suljettua toimintaa, joten muuttujia valittiin myös muista maista. Maiden rajaamiseksi päätettiin ottaa mukaan ne maat, joiden kanssa Suomella on maantieteellisiä riippuvuuksia tai tällä hetkellä merkittäviä kauppasuhteita. Tarkastelemalla Suomen Tullin ulkomaankauppatilastoja (Suomen Tulli 2012) viennistä ja tuonnista poimittiin mukaan odotetusti Ruotsi, Norja, Venäjä ja Viro. Lisäksi kauppatilastojen valossa valittiin suuret talousmaat Ranska, Saksa, Italia ja Iso-Britannia, sekä muut suuret kauppakumppanit Alankomaat, Belgia, Puola ja Tanska. Kuviossa 2.2 on havainnollistettu tutkimuksen maantieteellinen kattavuus Euroopassa.

Mukana on myös muuttujia EU:n ja Euro-maiden tasolta. Tällöin kaikki unionin (27 maata) ja Euro-alueen (17 maata) maat ovat läsnä yhteenlaske-
tuissa muuttujissa, vaikkei maiden yksittäisiä tekijöitä ole mukana.

Euroopan ulkopuolelta aineistoa oli vaikea löytää ja esimerkiksi käytetyt luottamusindikaattorit kerätään vain EU:n alueelta. Täten ei-eurooppalaiset maat jouduttiin sulkemaan pois melkein kokonaan, esimerkiksi Kiinalta ei löytynyt haluttuja tietoja. Venäjältä ja Yhdysvalloilta löytyi kuitenkin EuroStatin tiedoista teollisuuden tuottamisen indeksejä, joten ne otettiin mukaan vertailun vuoksi – molemmat maat ovat merkittäviä kauppakumppaneita Suomelle.

Rakentamisen tietoja poimittiin Pohjoismaista Ruotsin, Tanskan ja Norjan osalta, koska ne olivat helposti saatavilla. Edelleen talouden osalta bruttokansantuotteet kerättiin 14 Euroopan maalta. Luottamusindikaattoreita kerättiin samoin perustein kuin taloudelle. Osalla maista oli lyhyehköjä aikasarjoja, sillä tietoja on alettu kerätä vasta unioniin liittymisen jälkeen. Ajallisesti puutteellisista aikasarjoista jouduttiinkin luopumaan.



Kuvio 2.2. Ehdokkaiden maantieteellinen jakautuminen.

3 Menetelmät ja teoria

3.1 Aikasarjat ja niiden ominaisuudet

Lähdeaineistona aikasarjojen rakentumiselle ja suodattamiselle on käytetty lähteitä Cowpertwait ja Metcalfe (2009) sekä Brockwell ja Davis (1998, 2002).

Perinteisesti aikasarjat esitetään klassisessa hajotelmamuodossa, jossa muutujan eri komponentit eritellään omiksi osasiksi. Hajotelmassa on kolme komponenttia: trendi (m_t), kausivaihtelu (s_t) ja kohina (z_t). Kukin osa ilmaisee eri ominaisuutta aikasarjassa x_t . Ajan hetkellä t muuttuja x_t muodostuu komponenttien summasta

$$x_t = m_t + s_t + z_t.$$

Kausivaihtelu jakautuu d kappaleelle periodeja, joiden kausivaihtelujen summa on nolla, $\sum_{k=1}^d s_k = 0$. Kausivaihtelu on periodille sama jokaisella kierroksella, $s_{t+d} = s_t$. Kohinan komponentti z_t on stationaarinen ja sen odotusarvo on 0, $E(z_t) = 0$. Stationaarisuudella tarkoitetaan sitä, että aikasarjalla on ajasta riippumaton odotusarvo ja autokovarianssi. Tällöin sarjan ominaisuudet eivät muutu ajan kuluessa eli sarja ei ole ajasta riippuvainen. Sarjaa sanotaan epästationaariseksi, jos se ei ole stationaarinen.

Trendikomponentti voi olla monenlainen. Lyhyellä aikavälillä voidaan havaita sarjoilla lähinnä lineaarista suuntautumista, mutta pitemmillä havaintosarjoilla trendit alkavat näkyä selkeämpinä kehityspolkuina. Sen mukaan mitä tutkitaan voidaan erilaisia trendejä käyttää apuna riippuvuuksien tutkimiselle.

Kun aikasarjoilla on vahvoja kausivaihteluja tai trendejä, voi aikasarjoista laskettujen suureiden voimakkuus heijastua näennäisinä tuloksina. Näin voi käydä esimerkiksi silloin, kun sarjoilla on samanlainen kausivaihtelu vuodenaikojen mukaan. Myös epästationaarisuus johtaa usein satunnaisiin tuloksiin. Näiden syiden takia aikasarjoja suodatetaan ennen suureiden laskemista.

Suodattaminen tapahtuu estimoimalla trendi- ja kausikomponentteja. Estimoituja komponentteja voidaan poistaa sarjojen signaaleista, jonka jälkeen sarjojen tulisi olla stationaarisempia. Trendiä estimoidaan yleisesti liukuvan keskiarvon menetelmällä (moving average, merk. MA).

Klassiselle komponenttihajotelmalle voidaan estimoida trendi poistamalla kausikomponentti ja vaimentamalla kohinaa. Tässä menetelmässä alkuperäisen sarjan arvoista lasketaan keskiarvoja painotetuista havainnoista. Oletetaan muuttujaksi $x = \{x_t\}$ ja aikasarjan kauden pituudeksi d . Jos pituus on parillinen, $d = 2q$, voidaan trendi \hat{m}_t estimoida kaavalla

$$\hat{m}_t = (0.5x_{t-q} + x_{t-q+1} + \dots + x_{t+q-1} + 0.5x_{t+q})/d,$$

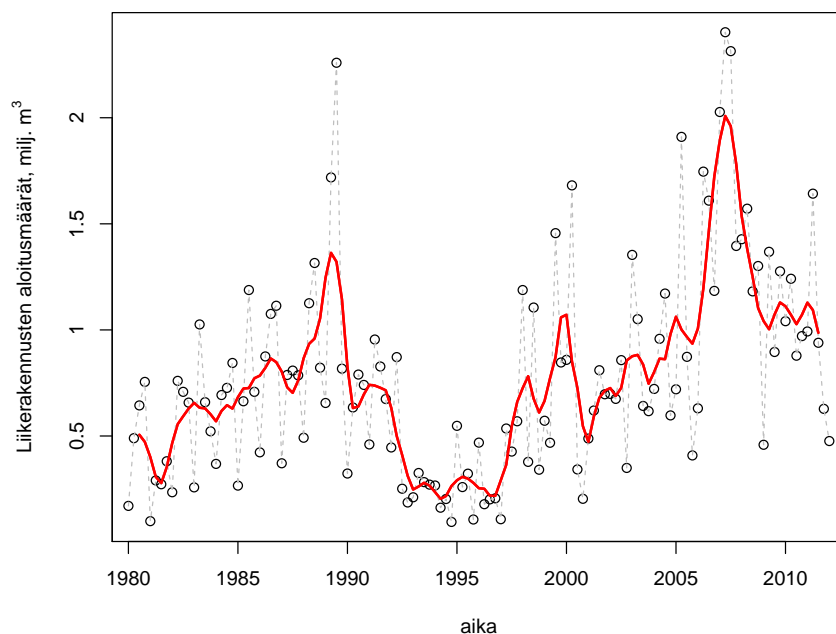
kun $q < t \leq n - q$.

Neljännesvuosiaineiston kohdalla trendi saadaan poistamalla vuosittainen vaikutus,

$$\hat{m}_t = (0.5x_{t-2} + x_{t-1} + x_t + x_{t+1} + 0.5x_{t+2})/4,$$

missä $t = 3, 4, \dots, n-3, n-2$. Tällöin ajanhetken lisäksi poimitaan kaksi edeltävää ja jäljessä tulevaa havaintoa, eli yhteensä viisi elementtiä. Kauimmaiset elementit saavat puolikkaat kertoimet, jonka jälkeen elementtien summa jaetaan periodien lukumäärällä. Kyseinen menetelmä vähentää sarjojen havaintoja sekä alusta että lopusta kaksi kappaletta eli yhteensä 4 havaintoa. Esimerkki liukuvan keskiarvon muodostumisesta kuviossa 3.1.

Tässä tutkielmassa ollaan kiinnostuneita löytämään indikaattoreita rakentamiselle, eli muuttujia joiden liikkeet edeltävät rakentamista. Tämän takia aikasarjoista käytetään riippuvuuksien tarkasteluun liukuvalla keskiarvolla kausisuodatettuja aikasarjoja. Tällöin sarjat on tasoitettu kausittaisesta heittelystä ja voidaan tutkia pidemmän aikavälin kehityspolkuja. Oletuksena on siis, että kaikki muuttujat sisältävät kausivaihtelua.



Kuvio 3.1. Esimerkki liikerakennusten aloituksista (musta) ja niiden liukuvasta keskiarvosta (punainen).

Koska liukuva keskiarvo saattaa helposti ohjautua jonhonkin kehityssuuntaan, tullaan ristikorrelaatiomenetelmissä sarjoja suodattamaan vielä lineaarisen trendin poistamiseksi. Tämä on kompromissi, sillä käsiteltävä aineisto koostuu samoista muuttujista ja mekaaninen trendin tunnistaminen useamman trendivaihtoehdon joukosta olisi haastavaa.

3.2 Ristikorrelaatiot

Pääasiallisena lähteenä ristikorrelaatioiden teorialle on käytetty teosta *Time Series Analysis with R Applications* (Cryer & Chan 2008).

Yleisesti korrelaatioita käytetään mittaamaan kahden muuttujan lineaarisesta riippuvuudesta. Aikasarjojen kohdalla tämä suure ei kuitenkaan toimi moitteetta, sillä aikasarjoissa on usein myös muita komponentteja mukana, kuten erilaisia kausivaihteluja. Muiden komponenttien mukana olo voi saada sarjat korreloimaan merkittävästi, vaikka sarjat olisivat toisistaan riippumattomia. Tällaista tapausta kutsutaan näennäiseksi korrelaatioksi (Yule 1926).

Aikasarjojen kohdalla tulee myös ottaa huomioon toinenkin korrelaation erityisominaisuus. Koska sarjoilla on aikaullottuvuus, tulisi korrelaatioita verrata myös erilaisilla aikaviiveillä. Näiden vertailujen korrelaatiot voivat kertoa rinnastuksien paremmuudesta. Edelleen vertailuissa muuttujien väliset viiveet voivat paljastaa muuttujaparin kausaalisuussuhteen. Viiveen esiintyessä toinen muuttuja edeltää vääjäämättä toista, joten muuttujille voidaan antaa edeltäjän ja seuraajan roolit.

Viivästyksillä laskettuja korrelaatioita kutsutaan ristikorrelaatioiksi. Tarkastellaan aikasarjoja $y = \{y_t\}$ ja $x = \{x_t\}$. Ristikovarianssit $\delta_{t,s} = Cov(x_t, y_s)$ saadaan ajan arvoilla t ja s . Jotta korrelaation tuloksia voitaisiin pitää merkitsevinä, täytyy muuttujien olla stationaarisia, jolloin niiden odotusarvot ja varianssit eivät riipu ajanhetkestä vaan ovat vakioita. Edelleen muuttujien yhteisstationaarisuudessa niiden ristikovarianssifunktio ei myöskään riipu ajanhetkestä, vaan se on funktio ajanhetken väleistä $k = t - s$. Täten ristikovarianssifunktiosta saadaan muodostettua ristikorrelaatiofunktio (jatkossa merk. CCF) $\rho_k(x, y)$ viiveelle k seuraavasti:

$$\rho_k(x, y) = Cor(x_t, y_{t-k}) = Cor(x_{t+k}, y_t).$$

Käytännössä ristikorrelaatio viiveellä k mittaa siis muuttujien y_{t-k} ja x_t lineaarista yhteyttä. CCF muuttujalle itsensä kanssa on sama kuin kyseisen muuttujan autokorrelaatiofunktio, eli $\rho_k(y, y) = Cor(y_t, y_{t-k})$, joka mittaa muuttujan Y autokorrelaatiota viiveellä k .

Mainittu ristikorrelaatio ρ_k on muuttujien teoreettinen arvo. Tätä voidaan estimoida otoksesta lasketulla ristikorrelaatiolla, jolloin estimaatti r_k määritellään

$$r_k(x, y) = \frac{\sum (x_t - \bar{x})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_t - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_t - \bar{y})^2}},$$

missä kullekin muuttujan x havainnolle rinnastetaan muuttujan y k -viivästetty havainto.

Jotta lasketuista korrelaatioiden arvoista voitaisiin tehdä päätelmiä, tulee niiden merkitsevyydelle asettaa rajat. Tiedetään, että kun aikasarja on valkoista kohinaa, k . autokorrelaatio r_k on asympotoottisesti normaalijakautunut odotusarvolla $E(r_k) \simeq -1/n$ ja varianssilla $Var(r_k) \simeq 1/n$ havaintomäärän ollessa n . Tällöin autokorrelaation 95 %:n luottamusväliksi saadaan $-1/n \pm 1.96/\sqrt{n}$,

jota puolestaan approksimoidaan yleensä välillä $0 \pm 1.96/\sqrt{n}$. Approksimaation avulla saadaan jakaumaoletukseksi:

$$r_k \sim_a N\left(0, \frac{1}{n}\right).$$

Jakaumatulos perustuu oletukseen, että aikasarja on toisistaan riippumattomien ja samoin jakautuneiden satunnaismuuttujien jono. (Mellin 2007)

Yleisesti otosautokorrelaatioiden kriittisinä rajana on pidetty $\pm 1.96/\sqrt{n}$. Tilanteessa hypoteesina on, että $\rho_k = 0$ riskitason ollessa 5 %. Näiden rajojen tulisi pitää 95 % havainnoista sisällään, jolloin vain raja-arvojen ulkopuolelle jääviä korrelaatioita voidaan pitää tilastollisesti nollasta poikkeavina tuloksina.

Tällaisella rajauksella on kuitenkin myös omat heikkoutensa. Esimerkkinä Cowpertwait ja Metcalfe (2009) nimeävät kaksi ongelmaa. Jos ρ_k saa arvon 0 kaikilla viiveillä, oletetaan silti, että 5 % arvoista r_k jää rajojen ulkopuolelle. Myös tilanne, jossa yhden viiveen havainto ylittää rajan on altis saamaan viereisetkin viiveet ylittämään rajat, sillä r_k :t ovat keskenään korreloituneita.

Yllä mainittujen ongelmakohtien lisäksi voitaisiin myös tarkastella itse korrelaatioiden voimakkuutta. Toisinaan rajan ylitystä ei pidetä merkitseväenä. Varsinkin useamman ylityksen kohdalla saatetaan suosia vain suuremman korrelaation viivettä, jos muut ylitykset ovat suhteessa pienempiä. Käytännössä yleisesti käytetyt rajat $\pm 1.96/\sqrt{n}$ eivät otakaan kantaa ollenkaan korrelaatioiden suuruuteen eli korrelaation voimakkuuteen, vaan ne ovat vain havaintojen lukumäärän funktio.

Korrelaation merkitsevyyttä voidaan testata kaavalla

$$(3.1) \quad t = \frac{r}{\sqrt{1 - r^2/\sqrt{n-2}}},$$

eli korrelaatio jaetaan keskivirheellä. Nollahypoteesi on, että teoreettinen korrelaatio ei poikkea nollasta. Näin muodostettu suure noudattaa t-jakaumaa vapausastein $n - 2$. Tutkielmassa käytetään merkitsevän ristikorrelaation havaitsemiseen raja-arvoja ± 0.7 . Rajat syntyvät sekä tilastollisesta merkitsevyydestä että korrelaation voimakkuuden varmistamisesta. Kun ristikorrelaatiot lasketaan 32 havainnon otoksista, saadaan kaavalla 3.1 havaitun korrelaation merkitsevyydeksi $p < 0.001$, kun se ylittää rajan 0.450. Merkitsevyyden lisäksi korrelaatio voidaan todeta voimakkaaksi, koska ± 0.7 tai itseisarvoltaan suuremmat havainnot ovat lähellä maksimiarvoa 1. Nämä ehdot auttavat löytämään voimakkaita ja merkitseviä ristikorrelaatioita.

Huomautuksena voidaan mainita, että ristikorrelaatioiden varianssi $1/n$ pitää paikkansa, jos $\rho_{xy}(k) = 0$ ja jompi kumpi sarjoista on valkoista kohinaa.

3.3 Aikasarjojen pienimmän kulman menetelmä

3.3.1 Tausta ja tarkoitus

Toisinaan riippuvuussuhteiden muuttaminen matemaattiseksi malliksi voi olla hankalaa. Laajan aineiston seasta tulisi löytää tärkeimmät ja merkittävim-

mät tekijät, ja täten karsia alkuperäistä muuttujajoukkoa. Muuttujien määrän supistamiseen on kehitetty useita mallinvalintamenetelmiä, joissa pyritään muodostamaan karsitumpi malli vain osalla muuttujista. Esimerkkinä erilaiset askeltavat regressiot kuten etenevä vaiheittainen regressio (*Forward Selection Regression*).

Selittäjäksi ehdolla olevat muuttujat täytyy järjestää selitysvoiman mukaan ja valita parhaat muuttujat mukaan lopulliseen malliin. Selittäjien lisääminen malliin voi muodostua laskennallisesti haastavaksi, kun malleja testataan parhaimman löytämiseksi. Jokainen askel, eli uuden muuttujan lisääminen, voi perustua lukemattomien laskujen tuloksiin ja askeleiden määräkin on isojen muuttujamäärien kohdalla huomattava.

Erityisesti laskennallisen osuuden keventäminen ja kohdistaminen olivat tekijöiden Efron et al. (2004) mielessä, kun he kehittivät pienimmän kulman regression (*Least Angle Regression*, merk. LARS). Tämä mallin valintamenetelmän päätarkoitus on tuottaa muuttujiltaan karsittu, lineaarinen regressio. LARS-menetelmässä mallissa pyritään karsimaan alkuperäisten selittäjien määrä ja laskentakierroksia tähän tarvitaan vain muuttujien lukumäärän verran.

Aikasarjojen pienimmän kulman regressio (*Time Series Least Angle Regression*, merk. TS-LARS) on jatke LARS-menetelmälle. Koska alkuperäinen LARS-menetelmä oli kehitetty poikittaisaineistolle, ei se siksi sovellu aikasarjojen tilanteeseen. Sen sijaan TS-LARS on aikasarjat huomioon ottava menetelmä, joka toimii alkuperäisen LARS-menetelmän lähtökohdilla. Sen ovat luoneet tutkijat Gelper ja Croux ja luvun esittely sekä teoria TS-LARS-menetelmälle pohjautuvat tekijöiden julkaisuihin Gelper ja Croux (2008) sekä Gelper (2009), ja luku etenee jälkimmäisen teoksen järjestyksessä. Tutkielmassa on käytetty Gelperin toimittamaa R-ohjelmiston *tslars*-pakettia (Gelper 2012) mallinnusten suorittamiseen.

TS-LARS-mallinnuksessa päätetään aluksi millaista ennustemallia ryhdytään rakentamaan. Tämän jälkeen kaikki selittävät muuttujat asetetaan paremmuusjärjestykseen. Malleja ryhdytään muodostamaan ennustemallin rakenteen mukaan ja malleissa on eri määrä paremmuusjärjestyksen mukaisia muuttujia. Jokaiselle mallille lasketaan informaatiokriteeri ja lopullinen muuttujien lukumäärä tehdään näiden perusteella. Lopulta mallille valitaan viiveen pituus niin ikään informaatiokriteerien mukaan. Seuraavat alaluvut kuvaavat prosessin vaiheita tarkemmin.

3.3.2 TS-LARS ja mallintaminen

Merkittävin ero perinteisen LARS-menetelmän ja TS-LARS-menetelmän välillä on aikasarjojen dynamiikan huomioon ottaminen. TS-LARS-mallissa on mukana muuttujien viivästettyjä arvoja, joilla selitetään tulevia, ennustettavan muuttujan arvoja. Koska selittävillä ja selitettävällä muuttujalla on aikae-ro, voidaan jälkimmäistä ennustaa aikaeron mukaisella viiveellä. Eli selitettävälle muuttujalle löydetään merkittävimmät selittäjät, ja niille muodostetaan

ennustemalli, jolla estimoidaan vielä tulevia arvoja.

Olkoon y_t aikasarja, jonka ennustamista ryhdytään mallintamaan. Käytetään selittävistä muuttujista merkintää $x_{j,t}$, missä indeksi j viittaa selittäjään ja saa arvoja väliltä $1, \dots, m$. Yhteensä eri muuttujia koko aineistossa on q kappaletta ja malliin valitaan vain m parasta muuttujaa, siten $m \leq q$. Ajan indeksiä ilmaistaan kaikilla muuttujilla kirjaimella t , ja se viittaa vuosineljänneeseen. Ennustepituudeksi eli horisontiksi asetetaan $h > 0$, jolloin ennustettava arvo y_{t+h} saadaan lineaarisesta yhtälöstä

$$(3.2) \quad y_{t+h} = \beta_{0,0}y_t + \dots + \beta_{0,p_0}y_{t-p_0} + \beta_{1,0}x_{1,t} + \dots + \beta_{1,p_1}x_{1,t-p_1} + \dots \\ + \beta_{m,0}x_{m,t} + \dots + \beta_{m,p_m}x_{m,t-p_m} + \epsilon_{t+h},$$

missä parametrit p_j , $j = 0, \dots, m$, ovat muuttujien viivepituuksia mallissa. Sama malli voidaan esittää myös matriisimuodossa

$$(3.3) \quad \mathbf{y} = \sum_{j=0}^m \mathbf{x}_j \beta_j + \epsilon.$$

Mallissa ennustettava muuttujaa merkitään vektorilla \mathbf{y} , jonka pituutta merkitään T :llä. Koska aineiston koko pienenee horisontin mukaan, $T = n - h$, missä n on alkuperäisen aineiston koko. Selittävät, eli ennustavat, muuttujat ovat mukana omissa matriiseissaan \mathbf{x}_j , joiden koko on $T \times (1 + p_j)$, ja se sisältää viivästetyt arvot muuttujasta \mathbf{x}_j . Myös selitettävän muuttujan \mathbf{y} viivästetyt arvot kuuluvat näihin matriiseihin. Kutakin matriisia vastaa vektori β_j , jonka pituus on $1 + p_j$ ja jossa on viivästettyjä muuttujan arvoja vastaavat kertoimet. Lisäksi mallin virhevektorin ϵ odotusarvo on $\mathbf{0}$.

Oletuksina mallin toteuttamiseen on, että kaikkien mukana olevien muuttujien on oltava kovarianssi-stationaarisia. Kovarianssi-stationaarisuus eli heikko stationaarisuus tarkoittaa, että aikasarjalla on odotusarvo ja kovarianssimatriisi, jotka ovat ajasta riippumattomia (Brockwell & Davis 2002).

Gelper ja Croux eivät halua käyttää mallissaan 3.3 vakiotermiä. Kuitenkin tekijöiden tarjoama `tsars`-paketti sisältää mallinnoilla vakiotermin. Standardoinnista seuraa muuttujille odotusarvoksi 0 ja yksikkövarianssi. Jos selitettävässä muuttujassa on trendimuotoista kehitystä, on vakiotermin läsnäolo tarpeen. Tämän tutkielman kohdalla käytetään jo aiemman suodattamisen takia vakioittomia malleja.

3.3.3 Ennustajien paremmuusjärjestys

TS-LARS-menetelmässä valitaan vain parhaiten ennustavat muuttujat, joiden olemassa olo tuo malliin lisäarvoa. Mallinvalinta perustuu muuttujien ennustusvoiman paremmuusjärjestykseen. Malliin valitaan ensin parhaiten selitettävän muuttujan \mathbf{y} kanssa korreloiva muuttuja, jota merkitään \mathbf{x}_1 . Seuraavat muuttujat \mathbf{x}_k ($k = 2, \dots, m$) lisätään malliin askeleittain, etsimällä ensin tasakulmainen vektori \mathbf{u}_k , joka saa yhtä suuren korrelaation. Jäljellä olevista muuttujista valitaan vektorin \mathbf{u}_k avulla paras vaihtoehto seuraavaksi malliin

lisättäväksi muuttujaksi. Toimintaa jatketaan kunnes kaikki muuttujat on lisätty malliin ja siten muuttujat on laitettu paremmuusjärjestykseen.

Aluksi lähdetään etsimään mallin ensimmäistä muuttujaa. Vertailu suoritetaan aina pienimmän neliösumman regression (merk. PNS) perustuvan selitystasteen R^2 mukaan.

Ensimmäisenä askeleena muuttujat järjestetään suureella

$$R^2(\mathbf{y} \sim \mathbf{x}_j),$$

joka lasketaan jokaiselle indikaattorille $j = 1, \dots, m$. Tässä suure R^2 mittaa selitystastetta, kun muuttujan \mathbf{y} arvoja mallinnetaan kaikilla matriisin \mathbf{x}_j sarakkeilla. Suurimman selitystasteen saanutta muuttujaa merkitään $\mathbf{x}_{(1)}$. Siten selitystasteeltaan paras selittävä lisätään ensin valittujen muuttujien joukkoon A , joka pitää sisällään jo malliin lisätyt ja siten järjestetyt muuttujat. Vastavasti joukon komplementti A^c sisältää ne muuttujat, joita ei ole vielä käsitelty. Muuttujia siirretään yksitellen joukkoon A , kunnes kaikki muuttujat on poimittu joukosta A^c .

Sovitetaankin lineaarinen regressio, jossa muuttujaa \mathbf{y} selitetään muuttujalla $\mathbf{x}_{(1)}$. Merkitään vektorilla $\hat{\mathbf{z}}_0$ sovitearvoja ja sen standardoituja arvoja vektorilla $\tilde{\mathbf{x}}_{(1)}$:

$$(3.4) \quad \tilde{\mathbf{x}}_{(1)} = \frac{\hat{\mathbf{z}}_0}{c_1} \quad \text{ja} \quad c_1^2 = \frac{\hat{\mathbf{z}}_0' \hat{\mathbf{z}}_0}{T-1}.$$

Selitettävää muuttujaa \mathbf{y} päivitetään poistamalla mallista muuttujan $\mathbf{x}_{(1)}$ vaikutus

$$(3.5) \quad \mathbf{z}_1 = \mathbf{y} - \gamma_1 \tilde{\mathbf{x}}_{(1)},$$

josta skalaarin supistamiskertoimen γ_1 arvo täytyy vielä määrittää. Supistamiskerroin γ_1 lasketaan jokaisella kierroksella ja se saa arvoja lukujen 0 ja c_1 väliltä. Maksimiarvon saadessaan ($\gamma_1 = c_1$) vektori \mathbf{z}_1 sisältää residuaalit muuttujien \mathbf{y} ja $\mathbf{x}_{(1)}$ PNS-mallista. Supistamiskertoimen nimi tulee kuitenkin siitä, että LARS-menetelmän toimiessa hyvin PNS-estimoinnin kertoimet supistuvat kohti nollaa.

Supistamiskerroin γ_1 määritetään laskemalla

$$(3.6) \quad R^2(\mathbf{y} - \gamma_1 \tilde{\mathbf{x}}_{(1)} \sim \mathbf{x}_{(1)}) = R^2(\mathbf{y} - \gamma_1 \tilde{\mathbf{x}}_1 \sim \mathbf{x}_j),$$

missä muuttuja $\mathbf{x}_{(j)}$ valitaan käsittelemättömästä muuttujajoukosta, $j \in A^c$. Kaava 3.6 jatkaa alkuperäisen LARS-menetelmän korrelaatioehtoaa. Tekijät Gelper ja Croux ovat todistaneet tällä kaavalla olevan kaksi ratkaisua. Näistä ratkaisuista ainakin toinen toteuttaa yhtälön

$$0 \leq \gamma_1 \leq c_1.$$

Kertoimen γ_1 arvoksi valitaan pienin positiivinen luku, joka toteuttaa yhtälön 3.6, kun käydään läpi kaikki indeksit $j \in A^c$. Valittu muuttuja \underline{x}_j lisätään aktiivisten muuttujien joukkoon A ja merkitään muuttujaksi $\mathbf{x}_{(2)}$. Lisäämisen jälkeen joukossa A onkin jo kaksi muuttujaa mukana, ja uusi vaste \mathbf{z}_1 skaalataan kaavalla 3.4, jolloin kyseinen vektori saavuttaa yksikkövarianssin.

Seuraavat askeleet jatkavat muuttujien poimintaa. Kahden ensimmäisen muuttujan jälkeen seuraavat valitaan hieman ensimmäisestä askeleesta poiketen. Askeleella k joukkoon A ovat kertyneet muuttujat $\mathbf{x}_{(1)}, \mathbf{x}_{(2)}, \dots, \mathbf{x}_{(k)}$. Koska muuttujajoukossa on jo kaksi muuttujaa ensimmäisestä askeleesta, $k \geq 2$.

A askeleella k selitettävää muuttujaa merkitään \mathbf{z}_{k-1} . Olkoon lisäksi $\tilde{\mathbf{x}}_{(i)}$ standardoitu vektori sovitetuista arvoista mallille, jossa vastetta \mathbf{z}_{i-1} selitetään matriiseilla $\underline{\mathbf{x}}_{(i)}$, $i = 1, \dots, k$. Tasakulmaiseksi vektoriksi \mathbf{u}_k määritellään sellainen vektori, joka saa yhtä suuret korrelaatiot kaikkien vektorien $\tilde{\mathbf{x}}_{(1)}, \tilde{\mathbf{x}}_{(2)}, \dots, \tilde{\mathbf{x}}_{(k)}$ kanssa. Käytetään tästä korrelaatiosta merkintää a_k :

$$a_k = \text{Cor}(\mathbf{u}_k, \tilde{\mathbf{x}}_{(1)}) = \text{Cor}(\mathbf{u}_k, \tilde{\mathbf{x}}_{(2)}) = \dots = \text{Cor}(\mathbf{u}_k, \tilde{\mathbf{x}}_{(k)}).$$

Sovitetaan, että $a_1 = 1$. Tasakulmaisen vektorin \mathbf{u}_k ratkaisemiseksi tarvitaan $(k \times k)$ -korrelaatiomatriisi \mathbf{R}_k ja k :n pituinen yksikkövektori $\mathbf{1}_k$. Nyt vektori \mathbf{u}_k saadaan laskettua painotettuna summana vektoreista $\mathbf{x}_{(1)}, \mathbf{x}_{(2)}, \dots, \mathbf{x}_{(k)}$. Yhtälö on

$$\mathbf{u}_k = (\tilde{\mathbf{x}}_{(1)}, \tilde{\mathbf{x}}_{(2)}, \dots, \tilde{\mathbf{x}}_{(k)}) \mathbf{w}_k, \quad \text{missä} \quad \mathbf{w}_k = \frac{\mathbf{R}_k^{-1} \mathbf{1}_k}{\sqrt{\mathbf{1}_k' \mathbf{R}_k^{-1} \mathbf{1}_k}}.$$

Vektorin \mathbf{u}_k variabssi on 1. Selitettävä muuttuja päivitetään jälleen siirtymällä tasakulmaisen vektorin \mathbf{u}_k osoittamaan suuntaan:

$$(3.7) \quad \mathbf{z}_k = \mathbf{z}_{k-1} - \gamma_k \mathbf{u}_k.$$

Nyt supistamiskerroin γ_k määritetään valitsemalla pienin positiivinen ratkaisu yhtälölle

$$(3.8) \quad R^2(\mathbf{z}_{k-1} - \gamma_k \mathbf{u}_k \sim \tilde{\mathbf{x}}_{(k)}) = R^2(\mathbf{z}_{k-1} - \gamma_k \mathbf{u}_k \sim \underline{\mathbf{x}}_j), \quad \text{kun } j \in A^c$$

Tällöin joukkoon A liitetään muuttuja $\mathbf{x}_{(k+1)}$, jolla minimiratkaisu saadaan.

TS-LARS-menetelmän askeleitten k todistaminen on esitetty työn Gelper (2009) liitteissä. Tästä seuraa tekijöiden apulause TS-LARS-algoritmile:

Lemma 1. TS-LARS-menetelmän algoritmi toteuttaa jokaisella askeleella $k \geq 1$ seuraavat ehdot:

1. Askeleen vastemuuttujalla \mathbf{z}_{k-1} on yhtä suuri ja positiivinen korrelaatio kaikkienjoukon A muuttujien $\tilde{\mathbf{x}}_{(1)}, \tilde{\mathbf{x}}_{(2)}, \dots, \tilde{\mathbf{x}}_{(k)}$ kanssa:

$$(3.9) \quad c_k = \text{Cor}(\mathbf{z}_{k-1}, \tilde{\mathbf{x}}_{(1)}) = \dots = \text{Cor}(\mathbf{z}_{k-1}, \tilde{\mathbf{x}}_{(k)})$$

2. Jokaiselle muuttujalle j , joka ei ole joukossa A , pätee

$$R^2(\mathbf{z}_{k-1} \sim \underline{\mathbf{x}}_j) \leq c_k^2.$$

3. Yhtälön 3.8 ratkaisulle γ_k pätee $0 \leq \gamma_k \leq c_k/a_k$.

Apulauseesta seuraa, että yhtälössä 3.8 indeksi k voidaan korvata millä tahansa indeksillä $1, \dots, k$. Tekijät ovat myös todistaneet, että yhtälöllä on aina positiivinen ratkaisu.

Askelten suorittamista eli prosessia jatketaan niin kauan, kunnes kaikki ennustajat saadaan järjestettyä tai havaintojen määrä ylitetään järjestettyjen ennustajien määrällä. Mikäli järjestys saadaan muodostettua, on menetelmän tarkoitus saavutettu. Järjestäminen on algoritmista kevyt suorittaa ja siten myös nopea, sillä se perustuu laskemiselle eikä sisällä testausta.

3.3.4 Muuttujien valinta ja mallin määrittely

Edellisessä alaluvussa esitelty prosessi järjestää indikaattorit, mutta lopullisten muuttujien valitseminen ja mallin viiveparametrin määrittäminen tulee tehdä manuaalisesti. Koska aikasarjojen sisältämästä viivepituudesta p ei ole tietoa ja muuttujien määrääkään ei ole alkuperäisesti asetettu, täytyy ne päättää vertailemalla eri mallien toimivuutta. Tässä voidaan soveltaa informaatiokriteerejä, joilla voidaan verrata erilaisia malleja.

R-ohjelman `tslars`-paketin informaatiokriteerinä käytetään Bayesin informaatiokriteeriä (BIC), joka on varsin yleinen aikasarjojen tapauksessa. TS-LARS-prosessin jokaisella askeleella muodostetaan PNS-estimoitu malli joukossa A olevilla muuttujilla ja mallista laskettu BIC-arvo poimitaan talteen. Askelten jälkeen BIC-arvoja vertaillaan ja niistä valitaan optimaalinen vaihtoehto, jonka mukaan lopulliseen malliin valitaan m muuttujaa ja $m \leq q$.

Lopuksi malliin määritetään viivepituudet p_0, p_1, \dots, p_m . Gelper ja Croux toteavat viivepituuksien asettamisen eripituisiksi olevan mahdollista, mutta laskennallisesti työlästä. Tämän takia pituudet asetetaan yhtä suuriksi, $p = p_0 = p_1 = \dots = p_m$. Pituus määritetään vertailemalla eri AR-prosesseihin sovitettujen TS-LARS-mallien BIC-arvoja.

Koska tutkielman mallinuksissa on käytetty huomattava määrä muuttujia verrattuna havaintomääriin, suoritetaan TS-LARS-mallinnus osissa, joista valitaan seuraavalle kierrokselle parhaimmat ennustajat, kunnes lopulliselle mallinnuskierrokselle saadaan kohtuullinen määrä muuttujia. Osissa mallinnus ei heikennä lopullista mallinnusta, varsinkin kun osamallinnus tehdään muuttujakategorioittain, jolloin valikoidut muuttujat edustavat kategorioidensa parhaat ennustajat.

Muitakin informaatiokriteereitä voisi käyttää. Testattaessa samaa ohjelmaa pienten otosten korjatulla Akaiken informaatiokriteerillä mallinnukset kärsivät. Kyseinen informaatiokriteeri rankaisi liikaa havaintojen vähydestä ja indikaattorien paljoudesta, vaikka teorian mukaan sen pitäisi johtaa useamman muuttujan valintaan. Informaatiokriteerin vaihtamisesta syntyneiden ongelmien takia päädyttiin käyttämään BIC:ta kuten alkuperäisessä ohjelmassa.

3.4 Ennusteen piste-estimaatit ja luottamusväli

TS-LARS-menetelmällä saadaan muodostettua piste-estimaatit ennusteille, eli tutkielmassa liukuvan keskiarvon muutoksille. Ennustemallit sisältävät kuitenkin myös erilaisia virhetermejä ja mallien sisältämä epävarmuus tulisikin lisätä estimaatteihin luottamusväleinä. Luottamusvälin muodostaminen ennusteille pohjautuu lähteeseen Cryer ja Chan (2008). Ideana on käyttää ennustemallien virhetermejä määrittämään ennusteiden hajontaa.

Oletetaan muuttuja Y_t deterministiseksi trendifunktioksi, joka sisältää kohinakomponentin X_t . Funktion parametrina toimii ennustehorisontti h . Tällöin h askeleen ennuste on mallin odotusarvo

$$\hat{Y}_t(h) = \mu_{t+h}.$$

Edelleen ennustevirhe saadaan vähentämällä todellisista arvoista estimoidut sovitearvot

$$\epsilon_t(h) = Y_{t+h} - \hat{Y}_t(h) = X_{t+h}.$$

Varianssi ennusteen virhetermin funktiolle on siten

$$Var(\epsilon_t(h)) = Var(X_{t+h}).$$

Jos ennustevirhe X_t on normaalisti jakautunut, seuraa, että myös ennustettavat residuaalit ovat normaalisti jakautuneita. Niille voidaan muodostaa $(1 - \alpha)100\%$:n ennusteväli lähtien yhtälöstä

$$P\left(-z_{\alpha/2} < \frac{Y_{t+h} - \hat{Y}_t(h)}{\sqrt{Var(\epsilon_t(h))}} < z_{\alpha/2}\right) = 1 - \alpha.$$

Ennusteen piste-estimaatti ja ennusteväli voidaan esittää muodossa

$$(3.10) \quad Y_{t+h} = \hat{Y}_t(h) \pm z_{\alpha/2} \sqrt{Var(\epsilon_t(h))}.$$

Kuten aiemmin mainittiin, TS-LARS-malleilla ennustettavat arvot ovat tutkielmassa liukuvan keskiarvon muutoksia. Muutokset voidaan palauttaa kokonaisarvojen liukuviksi keskiarvoiksi Z_t , sillä muutos on vain erotus $Y_{t+1} = Z_{t+1} - Z_t$. Ensimmäinen askel on muodostaa kokonaisrakentamisen ensimmäinen ennuste Z_{t+1} . Tämä saadaan käyttämällä kaavaa 3.10 ja sijoittamalla siihen kokonaisrakentamisen tuorein havainto:

$$(3.11) \quad Z_{t+1} = Z_t + Y_{t+1}$$

$$(3.12) \quad \hat{Z}_{t+1} = Z_t + \hat{Y}_{t+1}$$

Aineiston tuorein toteutunut kokonaisarvo on Z_t . Yhtälössä se on vakio, sillä se ei sisällä mitään satunnaista. Seuraava kokonaisennuste saadaan ajanhetkellä $t + 2$ muodostettua vastaavasti, mutta edellinen kokonaisarvo z_{t+1} korvataan

estimaatillaan \hat{z}_{t+1} (kaava 3.12). Trendifunktio parametrilla $h = 2$ saadaan estimoitua seuraavasti:

$$\begin{aligned} Z_{t+2} - Z_{t+1} &= Y_{t+2} \\ Z_{t+2} &= Z_{t+1} + Y_{t+2} \\ \hat{Z}_{t+2} &= \hat{Z}_{t+1} + \hat{Y}_{t+2} \\ &= Z_t + \hat{Y}_{t+1} + \hat{Y}_{t+2}. \end{aligned}$$

Edellä johdettua funktiota voidaan jatkaa edelleen. Ajanhetken $t + h$ kokonaisarvon ennuste luottamusväleineen saadaan kaavalla

$$Z_{t+h} = Z_t + \sum_{i=1}^h \hat{Y}_t(i) \pm z_{\alpha/2} \sqrt{\sum_{i=1}^h \text{Var}(\epsilon_t(i))}.$$

Koska tutkielmassa käytetään 95 %:n luottamusvälejä, sijoitetaan riskitasoksi $\alpha = 0.05$. Tästä seuraa, että $z_{0.05/2} = z_{0.025} = 1.96$. Ennusteväliä laskettaessa oletetaan, että ennustevirheet $\epsilon_t(i)$, $i = 1, 2, \dots, h$ ovat korreloimattomia, mikä ei välttämättä pidä paikkaansa.

4 Teorian soveltaminen tutkielmassa

4.1 Ristikorrelaation toteutus

4.1.1 Ristikorrelaatiofunktion käyttö työssä ja ristikorrelaatiot muodostava ohjelma

Perinteisesti ristikorrelaatio lasketaan muuttujille koko sarjojen pituudelta. Tutkielmassa halutaan kuitenkin korostaa muutoksen mahdollisuutta, sillä on lähes mahdotonta olettaa, että muuttujien riippuvuussuhteet olisivat vakioina kautta aikain. Tämän takia rakensin jaksottaiselle ristikorrelointimenetelmälle ohjelman, joka tarkastelee ristikorrelaatiota kolmesta ulottuvuudesta. Kun perinteinen menetelmä tarkastelee ristikorrelaatioita vain viiveen ja korrelaation suuruuden näkökulmasta, jaksottainen menetelmä huomioi myös ajallisen etenemisen.

Indikaattoreita etsitään vertailemalla rakennusten aloitusmääriä muuttujaehdokkaiden kanssa. Vertailu suoritetaan muodostamalla sekä perinteinen että jaksollinen ristikorrelointi jokaiselle muuttujaparille. Kaikki parivertailut suoritetaan itse koodatun ohjelman avulla, joka on tehty R-ohjelmistolla (R Core Team 2012), ja se suorittaa sekä laskennallisen osuuden että alustavan vertailun. Alkuvaatimusten läpäisemät muuttujaparit tallennetaan ja jokaisen parin ristikorrelaation tuloksista muodostetaan useampia kuvaajia. Lopullinen päätös muuttujan mukaanotosta ja viiveen sekä riippuvuuden merkitsevyydestä tehdään tarkastelemalla kuvaajia. Tarkastelujen pohjalta valittuja muuttujia kutsutaan indikaattoreiksi.

Koko pituuden korrelaatiota kutsutaan tutkielmassa perinteiseksi ristikorrelaatioksi ja jaksottain laskettua jaksottaiseksi ristikorrelaatiomenetelmäksi. Jälkimmäinen menetelmä toimii perusteena, jonka mukaan ehdokkaat alustavasti joko poimitaan tai jätetään poimimatta indikaattoreiksi. Perinteinen korrelaatio lasketaan vertailun vuoksi. Liitteessä A on esitetty menetelmien teorian eroa simuloinnilla.

Jaksoittaisen vertailun otoskoon määrittely on tehty erilaisten toivottujen ominaisuuksien perusteella. Ensinnäkin vertailussa halutaan tarkastella kahden vuoden viiveitä, jolloin ristikorrelaatiot lasketaan kahdeksalle ennakoivalle ja seuraavalle viiveelle sekä tietysti samanaikaisille sarjoille. Korrelaatioita lasketaan siis yhteensä 17 kappaletta jokaiselle ajankohdalle. Viiveiden takia otoksessa tulee olla 16 ylimääräistä havaintoa, jotta lasketuissa ristikorrelaatioissa olisi yhtä paljon havaintoja. 32 havainnon katsotaan olevan hyvä ristikorrelaation havaintomäärä, sillä talouden ja rakentamisen syklit toistuvat

noin 8 vuoden välein. Kukin otos sisältää siis $32 + 16 = 48$ havaintoa, joista lasketaan 32 havainnon viivästetyt ristikorraatiot. Täten jaksottainen tarkastelu suoritetaan kaikille perättäisille 48 havainnon otoksille, jolloin yhtäsuuret havaintomäärät mahdollistavat tulosten tasa-arvoisen vertailun.

Koska tarkoitus on hakea edeltäviä tai yhtäaikaista tekijöitä ajan tuomista riippuvuusmuutoksista huolimatta, verrataan jaksoittaisessa ristikorraatiiossa riippuvuuden liikehdintää. Tuloksista piirretään 3D-kuvia (kts. esimerkkinä kuvio 4.1b), joissa tarkastellaan miten korraatiosuureet muuttuvat, kun ajassa mennään eteenpäin. Kunkin otoksen itseisarvoltaan suurimmat arvot tallennetaan 2000-luvusta alkaen ja niistä lasketaan keskiarvot. Näin tarkastellaan, kuinka suuri viive riippuvuussuhteella on keskimäärin ollut viimeisten 12 vuoden aikana. Mikäli keskimääräinen viive on edeltävä tai korkeintaan yhden vuosineljänneksen jäljessä, poimitaan muuttuja manuaaliseen tarkastamiseen. Luvussa 4.1.3 on esitetty ristikorraatiomenetelmien kuvaajien tulkintaohjeita sekä kuvien muodostamista.

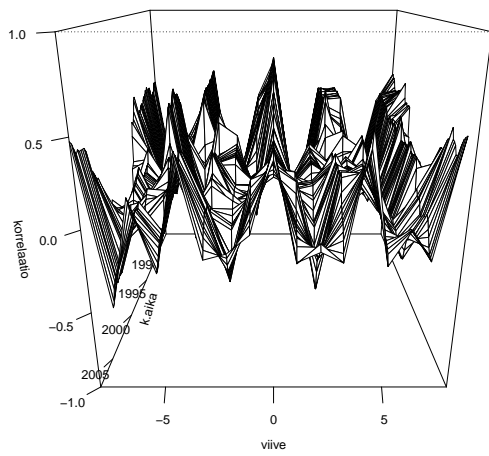
Aineisto on ensin suodatettu liukuvan keskiarvon menetelmällä, koska muuttujat sisältävät kausivaihtelua. Suodatusmenetelmä valittiin myös sen signaaleja pehmentävän ominaisuuden vuoksi. Jos 3D-kuvia piirretään esimerkiksi vain differoimalla suodatetuille muuttujille, muodostuvat ristikorraatiot jyrkiksi piikeiksi ja kuvan tulkinta on haastavaa (kuvio 4.1). Suodattamisen jälkeen otoksista poistetaan trendi. Tämä tehdään sovittamalla otosta vastaava lineaarinen trendi ja vähentämällä se arvoista. Lineaarisen trendin poistaminen voi olla kuitenkin ongelmallista, jos trendi on korkeampaa astetta. Jaksoittaisissa ristikorraatioissa on myös jaksottainen lineaarisen trendin poistaminen. Jaksottainen trendin poisto toiminee perinteistä tyyliä paremmin, sillä usein trendejä ilmenee useampia pitemmällä ajalla.

Jaksottaisen ristikorraatioiden tulokset on järjestetty peräkkäin 3D-kuvissa. Suodatuksen tekemä graafinen pehmeys tekee korraatioarvojen muutoksista pyöreäköjiä ja useamman jakson ristikorraatioista saadaan aallonharjan näköisiä muodostelmia. Näitä muodostelmia on helppo tarkastella graafisesti ja seurata, missä aallonharjan korkein kohta, eli muuttujien välinen viive, liikkuu. Kuvien väriskaalaus perustuu luvussa 4.1.3 esitettyihin merkitsevyysrajoihin.

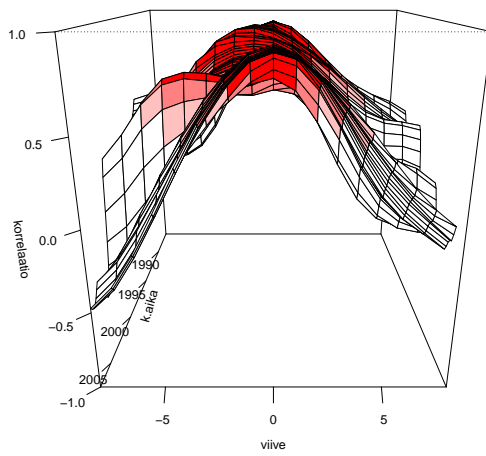
3D-kuvien lisäksi myös aallonharjan liikkeistä muodostetaan kuvaaja tulosten tulkitsemisen helpottamiseksi, esimerkki kuviossa 4.2. Kuvaajassa nähdään miten suurimmat korraatioarvot liikkuvat eli miten muuttujien välinen viive esiintyy arvoltaan ja voimakkuudeltaan. Luku 4.1.3 ottaa kantaa tarkemmin kuvaajan rakenteeseen.

4.1.2 Roolitus ja muuttujien poiminta

Mikäli keskimääräinen viive on selkeästi edeltävä tai yhtäaikaista rakentamisen aloituksiin nähden, muuttuja otetaan mukaan manuaaliseen jatkotarkasteluun. Tutkijan vastuuksi jää tarkastaa tuloksien paikkansapitävyys eli analysoida huippujen liikehdintä, viiveen vakaus, ja poistaa mahdolliset epävarmat tulokset. Indikaattoreiksi valitaan vain sellaiset edeltävät ja yhtäaikaiset riippu-

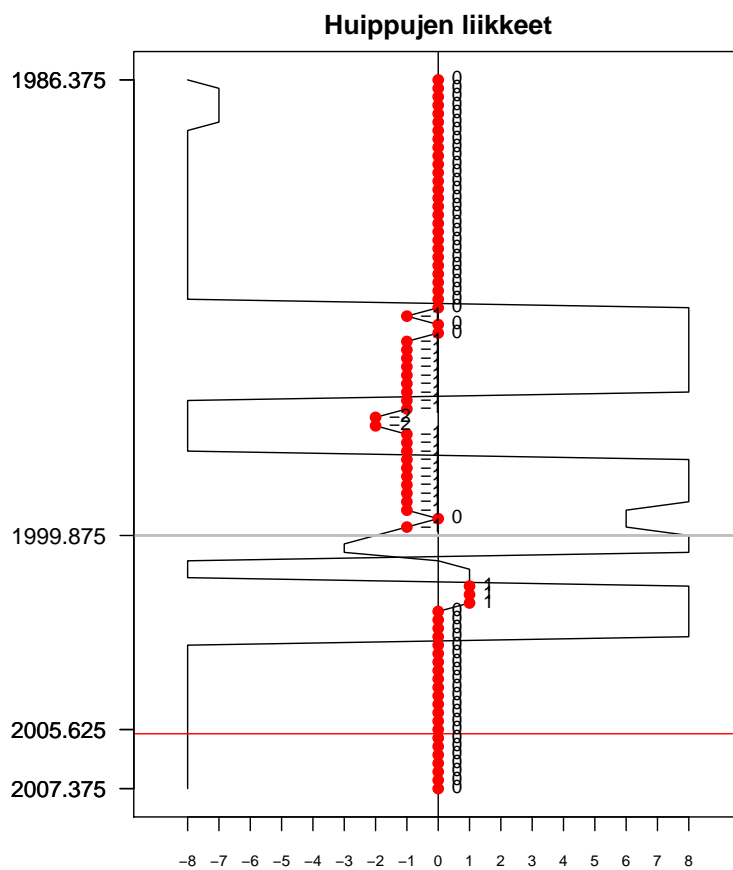


(a) Kertaalleen differoitu



(b) Liukuva keskiarvo

Kuvio 4.1. Samojen aikasarjojen jaksottainen ristikorrelaatio eri suodatuksilla.



Kuvio 4.2. Kuvion 4.1b huippujen liike

vuussuhteet, joille löytyy yksikäsitteinen tulkinta kuvaajien perusteella. Mikäli viivettä tai merkitsevyyttä ei voida todeta tarkasti, vaikka tulostekuvat puoltaisivat riippuvuuden puolesta, voidaan muuttuja merkitä myös epävarmaksi tekijäksi.

Koska rakentamisen markkinatkin ovat muokkautuneet ajan saatossa, ei ole järkevää etsiä pelkästään sellaisia indikaattoritekijöitä, joiden riippuvuus on pysynyt rakentamisen aloitusten kanssa vakiona koko ajan. Mukaan kerätään myös sellaiset tekijät, joilla on ollut voimakasta korrelointia vähintäänkin viimeaikoina useamman otoksen aikana. Sen sijaan tuloksista poissuljetaan sellaiset riippuvuudet, jotka eivät vaikuta enää nykyisin voimakkaasti.

Korrelaatiot eivät sinänsä ota kantaa kausaalisuuteen, sillä ne kertovat vain lineaarisesta riippuvuudesta. Ristikorrelaatio vertailee kuitenkin ajallisesti suhteen pitävyyttä ja siten muuttujien välisen roolin kausaalisuusajatus voidaan havainnoida. Mikäli viive pysyttelee selkeästi negatiivisena, on kyseinen muuttujaehdokka edeltäjä rakentamisen aloituksiin nähden. Vastaavasti positiivinen viive puoltaa muuttujaehdokkaan seurailevan rakentamisen aloituksia. Mikäli viive pysyttelee lähellä nollaa on kyseessä yhtäaikaaisesti tapahtuva tekijä.

Periaatteessa on myös mahdollista, että jokin kolmas muuttuja aiheuttaa sekä rakentamisen aloitukset että muuttujaehdokkaan, tosin eri viiveillä, ja saa nämä korreloimaan keskenään.

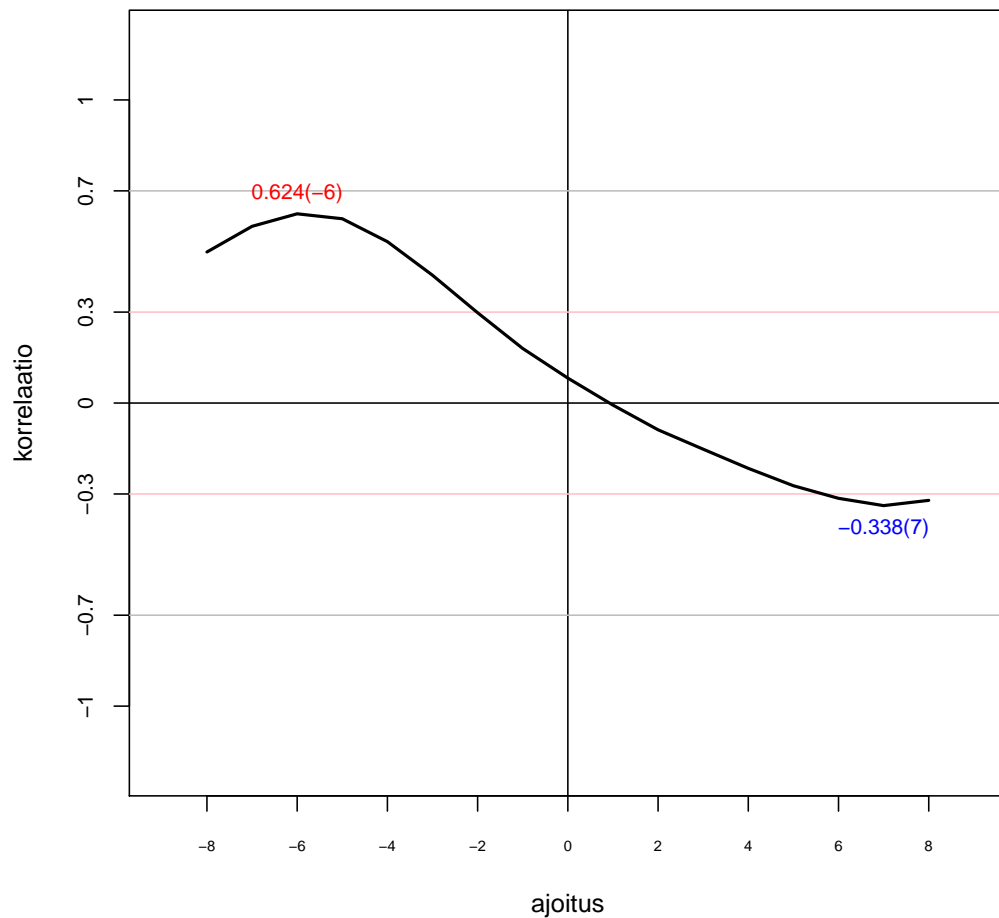
4.1.3 Kuinka tulkita ristikorrelaatioiden tulosteita, huippujen liikettä ja 3D-kuvia

Ristikorrelaatioiden menetelmälle rakennettu ohjelma tuottaa useampia kuvaajia tuloksista. Kaikista laskennallisesti edeltäviksi tai yhtäaikaaisiksi muuttujiksi todetuista pareista muodostetaan perinteinen ristikorrelaation kuva (kuvio 4.3) ja muutama 3D-kuvio jaksottaisen ristikorreloinnin tuloksista (kuviot 4.4–4.5).

Ristikorrelaatio on esitetty perinteisessä kuvassa (kuvio 4.3) siten, että vaaka-akselilla on ilmaistu viiveet ja pystyakselilla korrelaation suuruus. Näissä kuvissa viiveet liikkuvat aina -8 ja $+8$ neljänneksen eli kahden vuoden haarukassa suuntaan ja toiseen. Korrelaatioiden arvot liikkuvat välillä $-1 \dots +1$. Vaaka-akselin keskikohdassa on molempien aikasarjojen yhtäaikaainen korrelaatio eli ajoituksen viive on 0. Siirryttäessä keskikohdasta vasemmalle testattava muuttuja on rakennusaloituksiin nähden aikaisemmin tapahtuva, jolloin viive on negatiivinen. Vastaavasti keskikohdasta oikealle mentäessä verrokkimuuttuja tapahtuu aloituksia seuraten eli positiivisella viiveellä.

Viiveeksi määritetään itseisarvoltaan suurin korrelaatio, eli kuviossa 4.3 edeltäväksi viiveeksi saataisiin 6 vuosineljännestä. Tämä ristikorrelointi on kuitenkin karkea yleistys maksimissaan 30 vuodesta, jonka takia jaksottaisen ristikorrelaation 3D-kuvat antavat paremman vaihtoehdon.

3D-kuvia voidaan tulkita kuten perinteistä ristikorrelaation esitystä, kun tarkastelusuunta on sama. Pystyakselilla on edelleen korrelaation suuruus ja toisella vaaka-akselilla viiveen määrä. Kuviossa 4.5a on esitetty 3D-kuvien sama näkymä kuin perinteisellä ristikorrelaatiokuvilla. Kuvista pystyy havaitse-

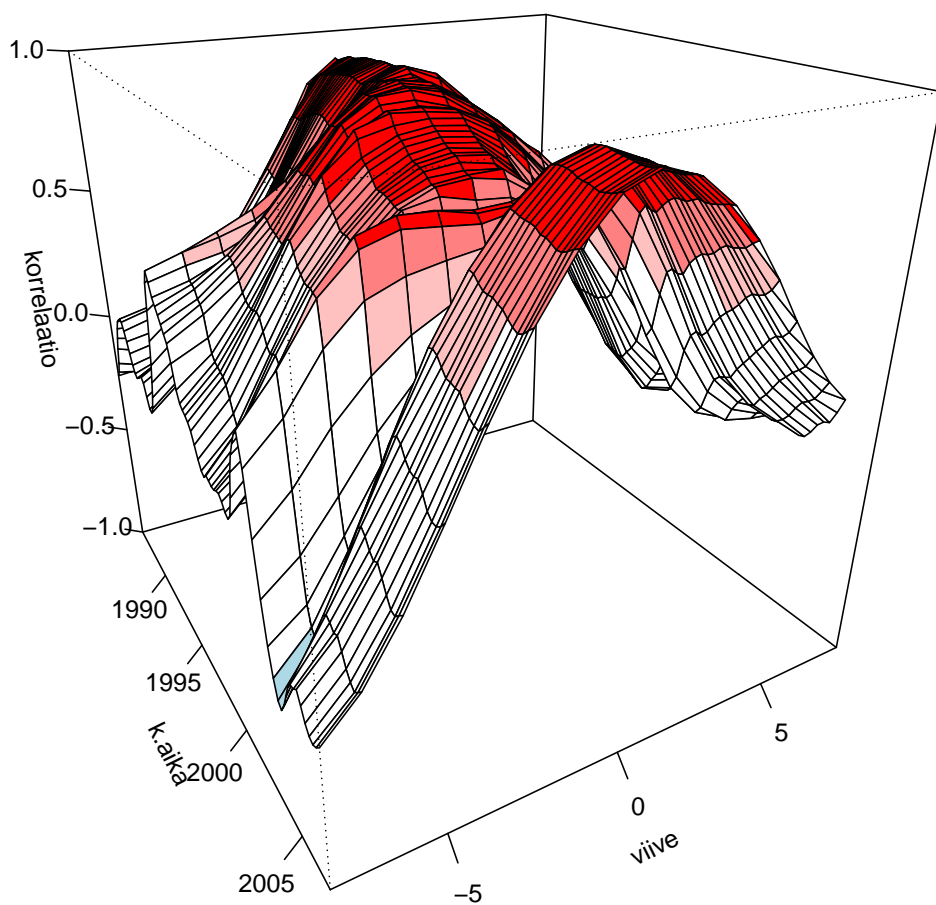


Kuvio 4.3. Perinteinen ristikorrrelaatio.

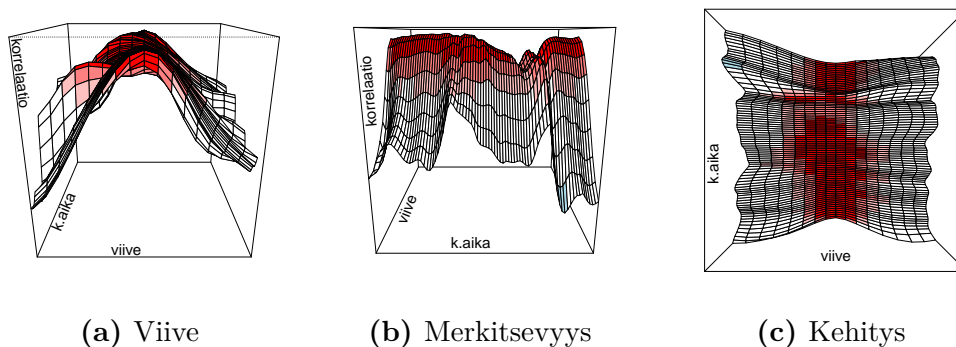
maan kuitenkin enemmän informaatiota, sillä ulottuvuuksia on yksi enemmän. Toinen vaaka-akseli edustavaa otoksen havaintojen ajallista mediaania (kuviissa merk. k.aika). Akselin pituus riippuu muuttujaparin yhteisistä aika-arvoista.

Kolme ulottuvuutta mahdollistavat kolmen eri näkökulman tarkastelun. Korrelaatio-viive-suunnasta (kuvio 4.5a) voidaan määritellä viiveiden arvoja, korrelaatio-aika-suunnasta (kuvio 4.5b) nähdään viiveiden merkitsevyyden sekä voimakkuuden kehittyminen ja aika-viive-suunnasta (kuvio 4.5c) päätellään miten muuttujien rooli on sijoittunut. Eri kuvakulmista voidaan havainnoida riippuvuussuhteen historia ja päätellä viimeisimmistä havainnoista mikä on nykyinen tilanne.

Aiemmin määriteltiin indikaattorien roolien jako kolmeen ryhmään viiveiden mukaan. Nämä jaot vastaavat roolityyppejä edeltäjä, yhtäaikainen ja seuraaja. Kun ristikorrrelaatiot on laskettu rakentamisaloituksia kohden, voidaan negatiiviset viiveet luokitella edeltäviksi tekijöiksi, yhtäaikaiset viiveet luoki-



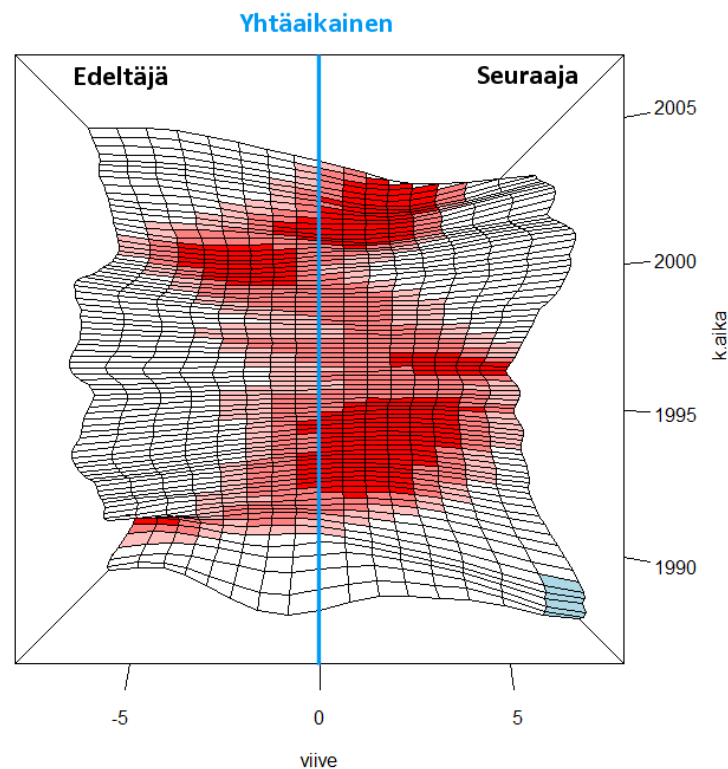
Kuvio 4.4. 3D-kuva jaksottaisesta ristikorreloinnista.



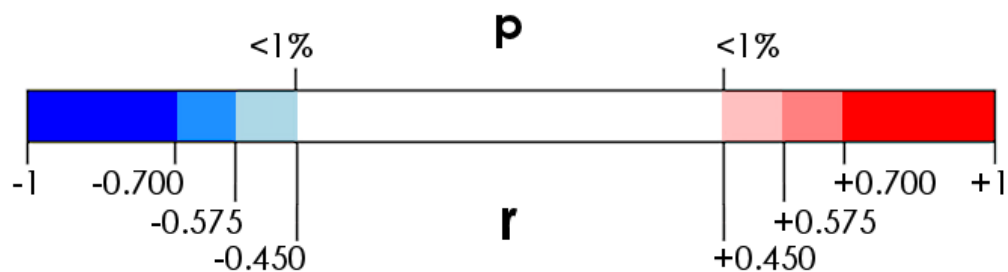
Kuvio 4.5. 3D-kuvan ominaisuuksia eri kulmista.

tella samanaikaisiksi tekijöiksi ja jäljessä olevat positiiviset viiveet rakentamis-
ta seuraaviksi tekijöiksi. Kuvio 4.6 selventää roolien määrittelyä. Harjanteiden
selkeä pysyminen jollakin kolmesta roolista määrää viiveen.

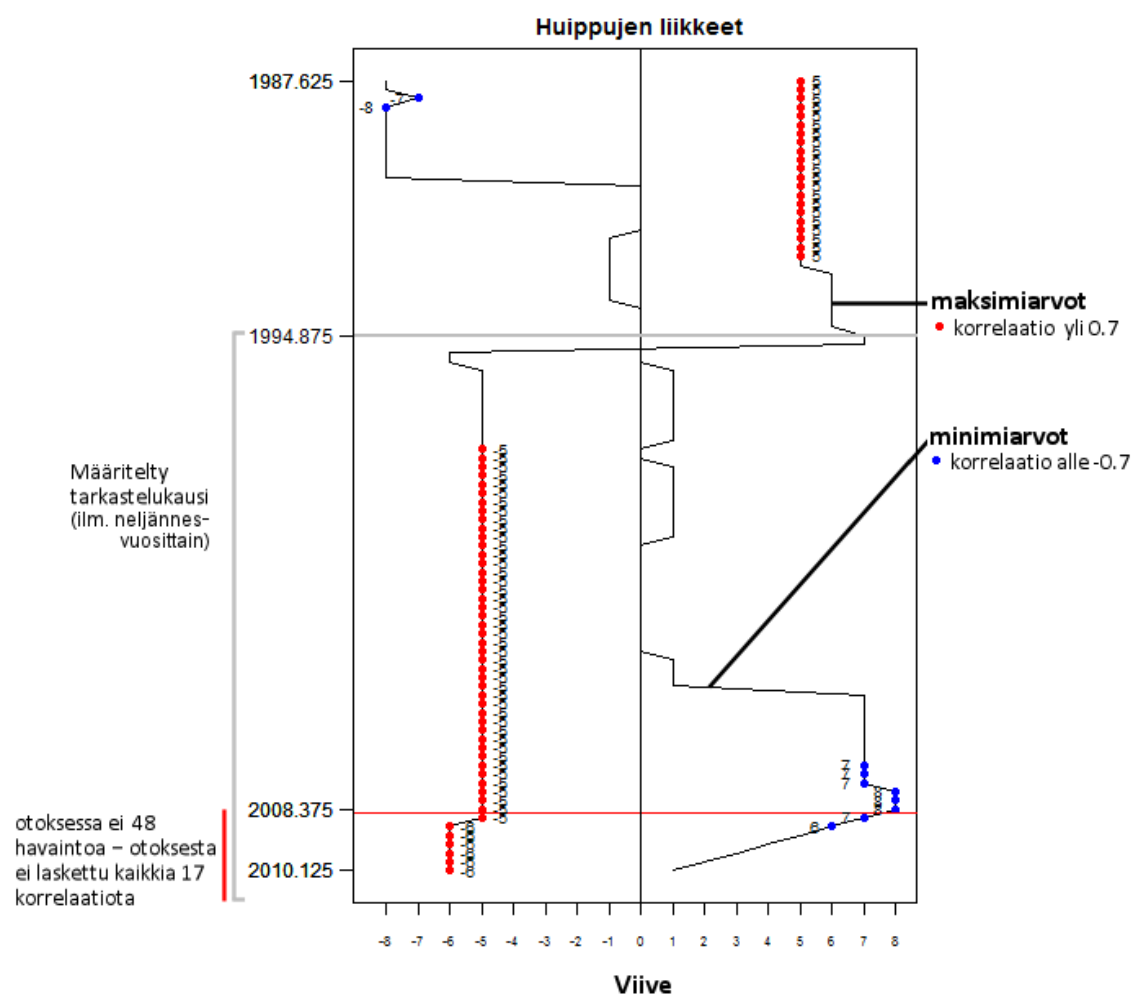
3D-kuvien väriskaalaus perustuu korrelaatioiden suuntiin ja voimakkuuk-
siin. Punaiset alueet kuvastavat positiivisia ja siniset negatiivisia korrelaatioita
kolmessa eri tasoluokassa; katso asteikkokuvio 4.7. Väri on sitä voimakkaampi
mitä suurempi korrelaatio itseisarvoltaan on. Kirkkaimpien värien liikehdintää
tarkkailemalla voidaan määrittää tekijän rooli. Alin väritaso edustaa 1 %:n ris-
kitasolla merkitseviä korrelaatiota, kun havaintomäärä on 32. Korkein väritaso
tulee siitä, että itseisarvoltaan suurempia korrelaatioita kuin 0.7 voidaan pi-
tään voimakkaina.



Kuvio 4.6. Viiveiden mukainen roolijako.



Kuvio 4.7. Korrelaatioiden väritasojen asteikko.



Kuvio 4.8. Huippujen liikkeet.

Indikaattoreiden löytymisen kannalta toivottavaa olisi, että värit pysyisivät nollaviiveen samalla puolen. Jos värit heiluvat roolien välillä, on myös kahden muuttujan suhde heilunut: riippuvuutta löytyy ilman pysyvää roolijakoa. 3D-kuvien tulkinnan helpottamiseksi niistä on muodostettu yhteenvedoksi 2D-kuvaaja korrelaatioiden harjanteen liikkeistä, kuvio 4.8. Harjanteeksi kutsutaan peräkkäisten otosten itseisarvoiltaan suurimpien korrelaatioiden muodostumaa eli huippukohtien liikkeitä. Kuvaajassa esitetään mustina viivoina kunkin jakson maksimi- ja minimikorrelaatiot. Mikäli huippukorrelaatio on itseisarvoltaan asetettua rajaa (0.7) suurempi, merkitään kyseistä korrelaation arvoa suunnanmukaisella väripisteellä. Kunkin positiivisen pisteen oikealla puolella on numero, joka kuvaa viiveen suuruutta. Negatiivisilla pisteillä viiveen suuruus on vasemmalla puolella.

Jos väripisteet pysyvät vain toisella harjanteella ja ne esiintyvät yhtäjaksoisesti samojen viiveiden lähellä, voidaan sekä riippuvuussuhteen viive että rooli määritellä.

Yhteenvetona muuttujaehdokkaan valitsemiseksi lopulliseksi indikaattoriksi

1. harjanteiden tulee sijoittua negatiivisille viiveille ollakseen edeltäjä tai yhtäaikaaisesti ollakseen samanaikainen tekijä,
2. korrelaatioiden tulee olla merkitseviä pitemmän ajan,
3. ajallisesti merkitsevyyden tulee olla myös viime aikoina esiintyvä ominaisuus, eli riippuvuuden tulee olla nykyisestikin voimakasta.

4.1.4 Tulosten esittäminen

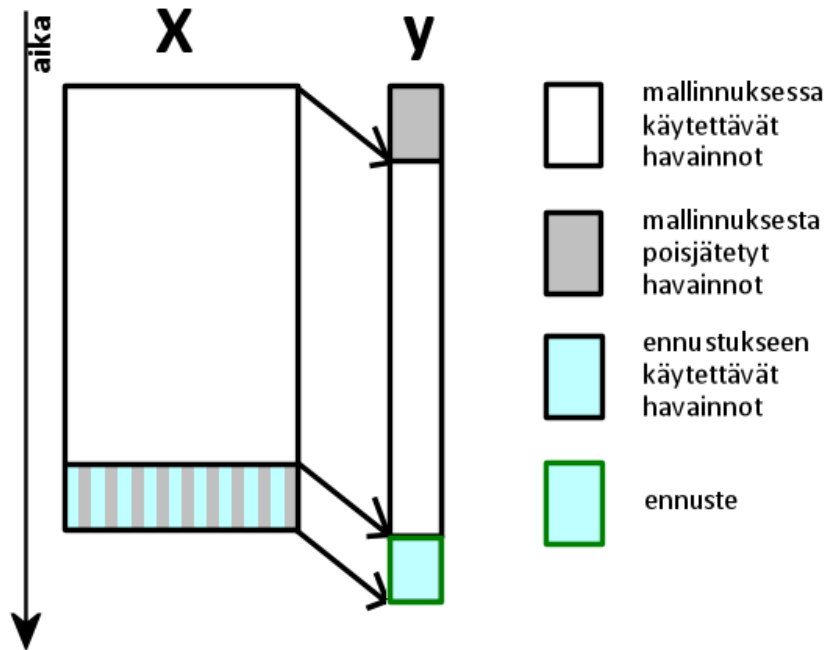
Lopulliset indikaattorivalinnat esitetään viivepyörissä, jotka kehitin tiivistämään tulosten tieto selkeämmäksi esitykseksi. Kuviot muodostuvat sisäkkäisistä ympyröistä ja yhdessä kuvaajassa voi olla esitettynä muutamasta muutama kymmeneen indikaattoria. Mikäli indikaattoreita on löytynyt paljon, tulokset on jaettu selkeyden vuoksi useampaan viivepyörään.

Yhdestä kuviosta voidaan nähdä monta indikaattorin piirrettä: kategoria, viive ja riippuvuuden suunta: ks. kuvio 4.9. Kategoria ilmoittaa, mihin muuttujaehdokkaiden ryhmään kyseinen muuttuja kuuluu. Viive kertoo indikaattorin edeltävyyden rakennustyyppin aloituksiin nähden. Riippuvuuden suunta ilmaisee todetun riippuvuussuhteen suunnan: onko kyse suorasta vai käänteisestä riippuvuudesta, positiivisesta vai negatiivisesta korrelaatiosta.

Viivepyörissä indikaattorit esitetään kategorioittain järjestettynä. Kategorioita korostetaan eri väreillä, joita symboloidaan ympyrän uloimman reunan väriosioilla ja havaintopallojen sisuksilla. Kategorioiden osuudet kertovat rakennustyyppien luonteista; tietyt alat voivat esiintyä eri rakennustyypeillä toisia useammin. Liitteessä B on annettu indikaattorien kategoriat.

Olennoisin asia on tietysti indikaattoreiden nimitiedot, joiden lyhenteet ovat viivepyörän toiseksi ulommaisella kehällä. Lyhenteitä vastaavat nimet ovat niin ikään liitteen B indikaattorilistoissa.

tujat kohdistetaan ajallisesti. Kullakin mallilla jää selitettävästä muuttujasta horisontin verran vanhimpia havaintoja pois (harmaa alue). Vastaavasti selittävästä muuttujasta käyttämättä jää myös horisontin verran uusimpia havaintoja (harmaa-sininen alue), joita voidaanakin käyttää mallin mukaisen ennusteen muodostamiseksi horisontin verran (vihreä alue). Esimerkiksi, kun horisontiksi asetetaan $h = 1$, jää selittävästä muuttujista uusin havainto käyttämättä mallinnuksessa. Tällä havainnolla voidaan ennustaa seuraavaa selitettävän muuttujan ajanhetkeä.



Kuvio 4.10. Mallinnuksen havaintojen käyttö.

Tekemällä mallinnus liukuvan keskiarvon muutoksille saadaan horisonteilla 1–4 siis neljät eri ennusteet, joiden ennustepituudet ovat vastaavasti yhdestä neljään vuosineljännestä. Mikäli mallinnukset olisivat kaikki yhtä hyviä ja toimivia, tulisi eri mallinnusten ennusteiden olla yhteneviä ja samanhetkisten ennusteiden tulisi olla yhtä suuria – teoreettisesti. Tosiasiassa eri mallit eroavat sopivuudeltaan, joten myös ennusteet eroavat.

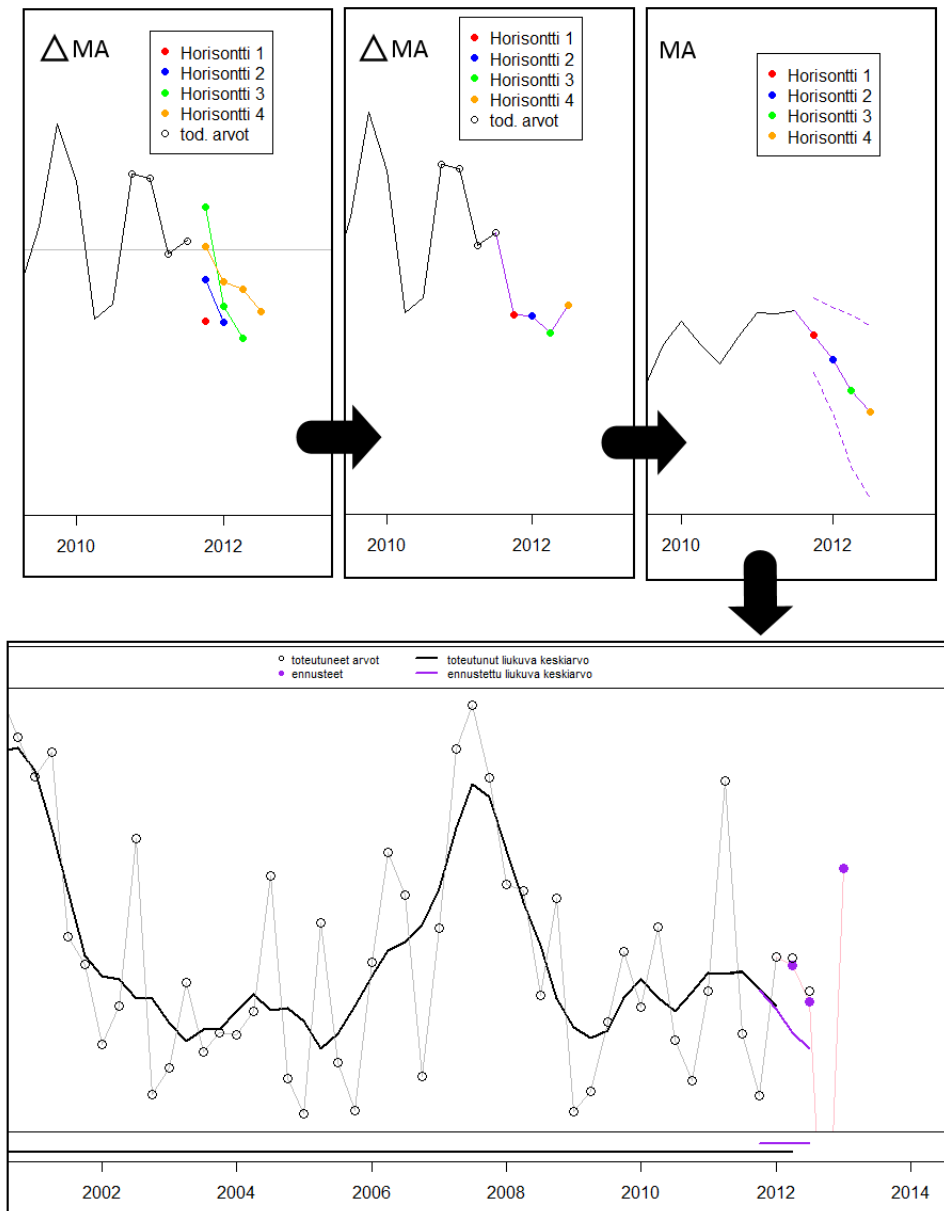
Miten sitten eri horisonttiennusteista muodostetaan kokonaisennusteet? Eri mallinnusten saamat horisonttiennusteet ovat toisista malleista riippumattomia. Tätä voidaan käyttää hyväksi koko liukuvan keskiarvon ennustamisessa. Valitsemalla yhden rakennustyyppin neljästä mallista (horisonteilla 1–4) tuorein ennuste saadaan yhteensä neljä liukuvan keskiarvon muutoksen ennustetta. Ennusteet voidaan yhdistää toisiinsa laskemalla ne yhteen aineiston uusimman liukuvan keskiarvon kanssa, jolloin ennustetut muutokset muuttuvat kokonaisennusteiksi. Täten voidaan liukuvaa keskiarvoa ennustaa neljä periodia eteenpäin. Kyseinen ennuste kertoo miten rakentamiselle käy vuoden aikana. Lopuksi ennusteille muodostetaan mallien virhetermeistä vielä 95 %:n ennus-

teväli.

Eri horisonttien yhdistäminen perustuu ajatukseen, että ajallisesti lyhyim-
män välin ennuste on paras. Täten horisontilla 1 ennustetaan seuraavaa nel-
jännestä, horisontilla 2 ennustetaan toista neljännestä ja niin edelleen. Myö-
hemmin alaluvussa 5.2.6 kyseenalaistetaan tätä yksinkertaista ajattelua, koska
toisinaan ennuste voi toimia paremmin juurikin suuremmilla horisonteilla ja
vanhemmilla selittävien muuttujien havainnoilla.

Kokonaisennusteista eli liukuvan keskiarvon ennusteista muodostetaan vielä
kausivaihtelullisia rakennusten aloituslukuja eli todellisia rakennusten aloituk-
sia. Tämä tehdään käyttämällä neljännesvuosittaisia aloituksia ja estimoituja
liukuvan keskiarvon ennusteita, joista voidaan ennustaa uusia neljännesvu-
sihavaintoja liukuvan keskiarvon kaavaan sijoittamalla. Ensimmäisen todelli-
sen rakennusaloitusten ennusteen jälkeiset ennusteet muodostetaan vastaavas-
ti, mutta niissä joudutaan käyttämään myös jo ennustettuja rakennusten aloi-
tuslukuja, jolloin pidemmälle menevät arvot perustuvat yhä enemmän ennus-
tettuihin arvoihin – yhdenkin ennusteen virhe moninkertaistuu seuraavissa lu-
vuissa. Tämän takia liukuva keskiarvo on hyvä suunnannäyttäjä yleisen trendin
tulevaisuudesta ja todellisia rakennusaloitusten neljännesvuosiennusteita tulisi
tarkastella kriittisemmin.

Kuviossa 4.11 on esitetty, miten ennustamisen eri vaiheet etenevät. Eri ho-
risonttiennusteista (ensimmäinen osio) kootaa yksi yhteinen ennuste (toinen
osio), joka siirretään kokonaisten liukuvan keskiarvon ennusteiksi viimeisim-
män havainnon kanssa (kolmas osio). Myös ennusteväli lasketaan näille. Lopul-
ta ennusteista tehdään varovaiset versiot todellisille, suodattamattomille ra-
kennusten aloituksille (alaosio).



Kuvio 4.11. Ennustamisen prosessin eteneminen vaiheittain. Merkki MA kertoo muuttujan olevan liukuva keskiarvo ja ΔMA muuttujan olevan liukuvan keskiarvon muutos.

5 Tulokset

5.1 Ristikorrelaatioiden mukaiset indikaattorit

5.1.1 Yleistä ristikorreloinnin tuloksista

Ohjelma käsitteli vaivattomasti syötetyn aineiston ja prosessoi tulokset manuaalista tarkastusta varten. Käsien tehtävässä tarkastuksessa huomattiin selkeä jako tuloksissa. Osa muuttujista oli suoraan indikaattoreiksi hyväksyttäviä, niiden viiveet ja riippuvuudet olivat selkeitä ja tulkinnassa ei juuri ollut epävarmuutta. Sen sijaan osa tuloksista oli epävarmoja indikaattoritapauksia: viiveet olivat ailahtelevaisia tai niiden merkitsevyys oli vähitellen hävinnyt nykypäivään tultaessa.

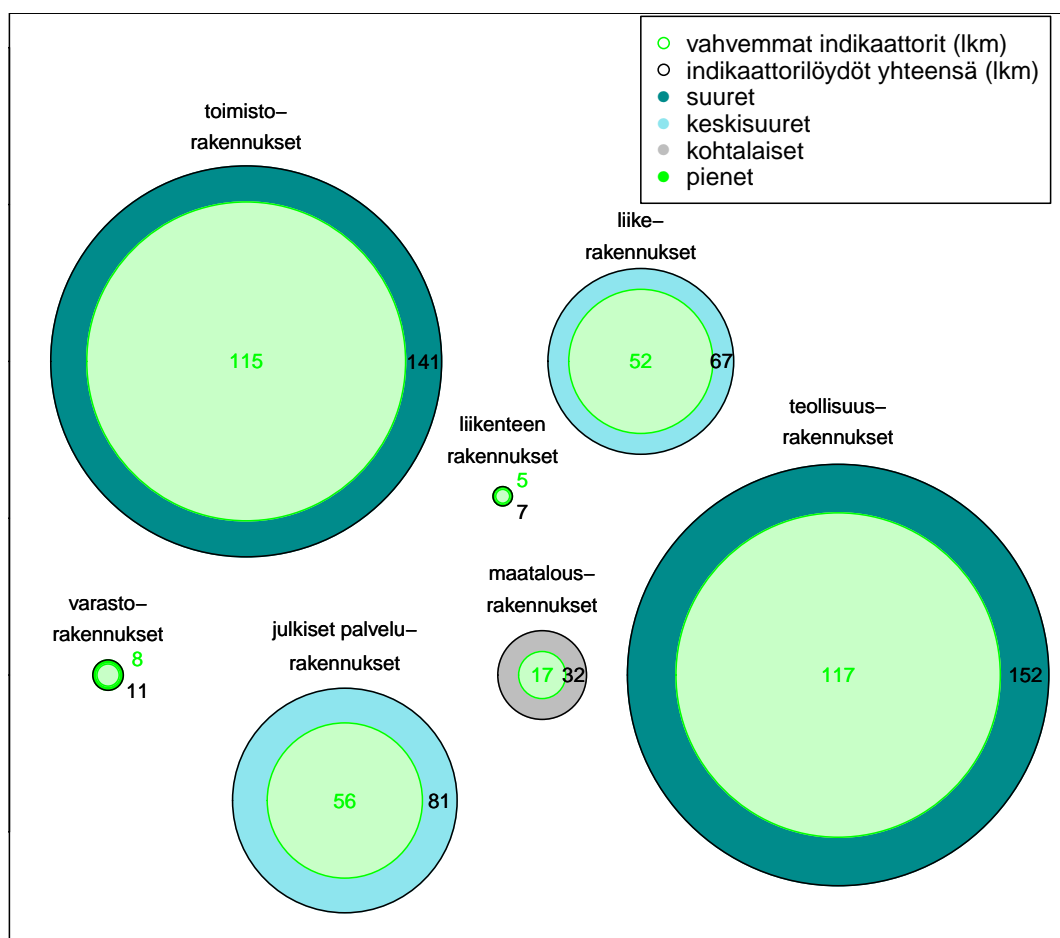
Muita huomioita tuloksissa olivat toistuvat ilmiöt. Osassa riippuvuussuhteita oli selkeästi huomattavissa ajallisia muutoksia, esimerkiksi useat ulkomaa-laisten muuttajien riippuvuuksista alkoivat vasta 1990-luvulle tultaessa. Toisaalta myös taloudelliset taantumat ja nousukaudet saattoivat näkyä eri mailla merkitsevinä ja määrääkäsina kausina. Väliaikaiset riippuvuudet eivät välttämättä ole todellisia kausaalisuussuhteita, vaan ne voivat olla joukkoilmiö, jossa suurin osa muuttujista reagoi samanlailla taloudelliseen vaiheeseen. Tämän takia indikaattorien valinnassa arvioitiin riippuvuuden kestoa, jotta kyseessä ei olisi vain hetkellinen ilmiö.

Kokonaistuloksiin otettiin mukaan paitsi selkeät indikaattorit myös sellaisia tekijöitä, joiden suhteen määrittämisen tueksi ei voitu määrittää tarkempia suureita kuten viiveen tarkkaa sijaintia. Joillakin indikaattoreilla katsottiin riippuvuussuhteen olevan pysyvää ja merkitsevää, mutta viiveettä ei pystytty määrittämään sen vaihtelun takia.

Seuraavissa luvuissa indikaattorilöytöinä tarkoitetaan kaikkia todettuja indikaattoreita ja vahvempina indikaattoreina niitä, joille todettiin viiveen suuruus. Kokonaistuloksissa esitellään molemmat ryhmät, mutta rakennustyyppien tuloksissa vain vahvat indikaattorit.

5.1.2 Kokonaistulokset

Yhteisiin indikaattorilöydöksiin kelpuutettiin kaikki tekijät, joiden suhde rakentamiselle nähtiin ennakoivana tai yhtäaikaisena vaikuttamisena. Rakennustyyppistä riippuen indikaattorilöydösten määrät vaihtelevat huomattavasti: kokonaismäärät vaihtelivat 7–152 ja vahvojen indikaattoreiden määrä 5–117; ks. kuvio 5.1.



Kuvio 5.1. Indikaattorilöydökset rakennustyypeittäin ja indikaattorilöydösten mukaan.

Rakennustyypeistä voidaan muodostaa neljä eri ryhmää indikaattorilöydösten lukumäärien mukaan. Ensimmäinen ja indikaattorimääriltään suurimman ryhmän muodostavat teollisuus- ja toimistorakennukset. Kummallakin rakennustyyppillä listattavia tuloksia löytyi yli 110 kappaletta. Tälle kaksikolla löytyi myös muitakin yhdistäviä tekijöitä, kuten useat yhteiset indikaattorit ja viiveiden samankaltaisuus. Toiseksi ryhmäksi voidaan katsoa liikerakennukset ja julkiset palvelurakennukset, sillä niillä molemmilla on keskiuuresti indikaattoreita – yli 50. Maatalousrakennukset ovat oma lukunsa, sillä niille löytyi vain 17 indikaattoria. Viimeisenä ryhmänä esitellään varistorakennukset ja liikenteen rakennukset, jotka voidaan mieltää yksinäisiksi rakennustyypeiksi. Käytetystä aineistosta ei löytynyt näille juuri indikaattoreita – molempien rakennustyyppien indikaattorilöydöksiä oli alle kymmenen kappaletta.

Seuraavien alalukujen viivepyöräkuvioissa vahvojen indikaattorien tulokset esitetään edellä mainituissa ryhmissä rakennustyypeittäin.

5.1.3 Suuret indikaattorimagneetit

Huomattava ominaisuus sekä teollisuus- että toimistorakennuksilla on niille löydettyjen indikaattoreiden lukumäärä. Kummallakin on yli 110 edeltävää tai yhtäaikaista indikaattoria, joista 87 samaa indikaattoria on molemmilta. Tulosten mukaan nämä rakennustyyppit saattavat, paitsi saada vaikutteita monelta suunnalta, myös olla hyvin samanlaiset luonteeltaan.

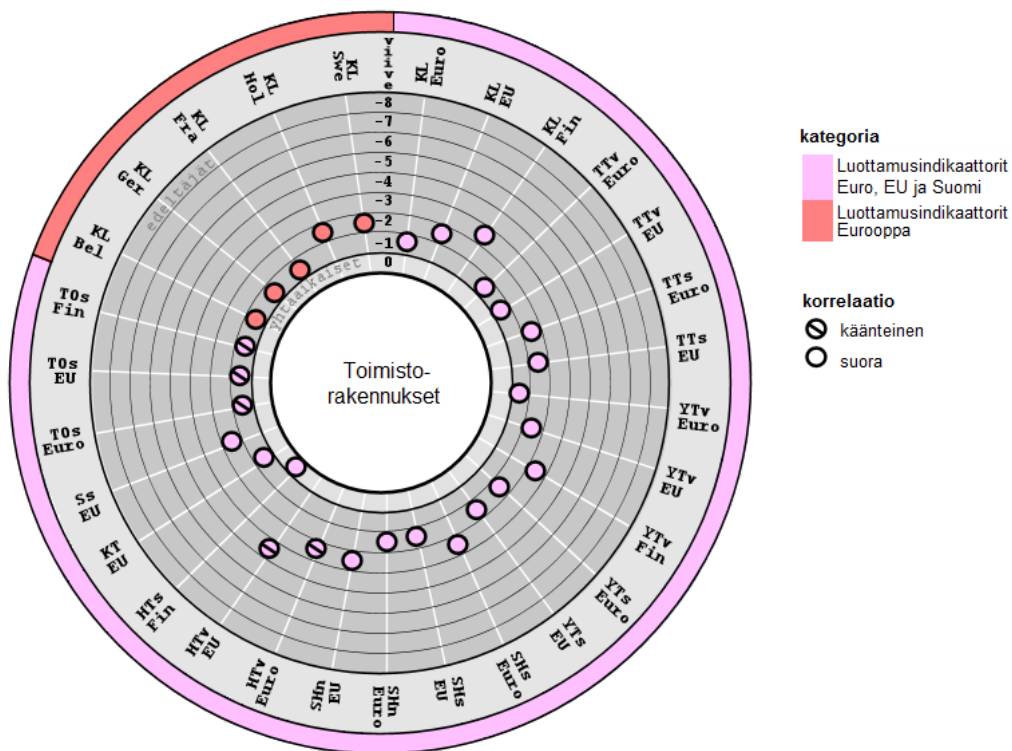
Rakentamisen ja rakennusmarkkinoiden indikaattorit esitetään kuvioissa 5.2 ja 5.6. Muuttujien viiveillä on hajontaa ryhmästä riippuen. Monet indikaattorit ovat yhtäaikaisia, toimistorakennuksilla hieman teollisuusrakennuksia useammin. Kuitenkin edeltäviä indikaattoreita on asuntojen hintaindekseissä, toimistorakennuksille lähes vuoden ja teollisuusrakennuksille alle vuoden ennakoinnilla. Lisäksi erilaiset rakentamisen indikaattorit Tanskasta ennakoivat toimistorakennuksilla selkeästi muista maista poiketen ja usein vuodella. Vastaavasti erityispiirre teollisuusrakennuksilla on EU:n, Viron ja Suomen asuinrakennusten rakennusluvut, jotka ennakoivat yli vuodella. Muilla indikaattoreilla viiveet pysyttelevät lähinnä alle vuoden.

Rakentamisen indikaattoreiden kategorioiden esiintymissä on hieman eroja rakennustyypeittäin. Asuinrakentamisen rakennuslupien indikaattoreita ilmenee vain teollisuusrakennuksille, kun taas rakentamisen tuottajaindeksit toimivat vain toimistorakennuksille. Myös maa- ja vesirakentamisen indeksin tekijöitä on teollisuudella selkeästi enemmän. Rakennustyypeillä lienevätkin erilaiset roolit pelkästään rakennusmarkkinoiden sisällä.

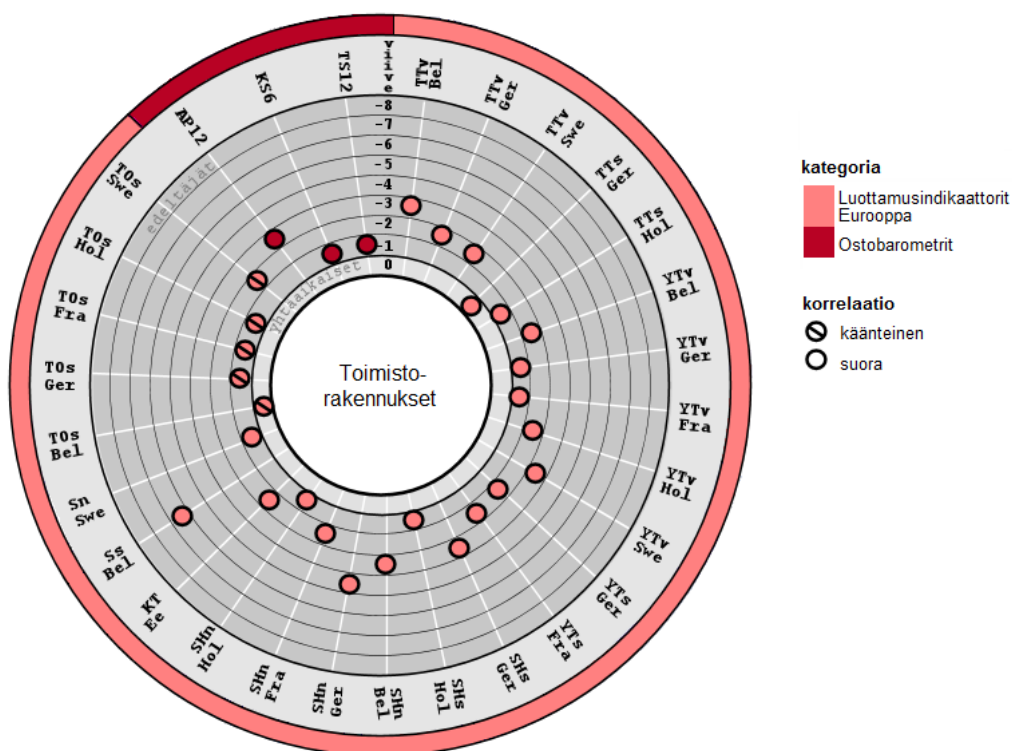
Sekä teollisuus- että toimistorakennuksilla on useita yhtäaikaisia indikaattoreita talouden ja teollisuuden puolella, kuviot 5.3 ja 5.7. Kummallakin indikaattoreiden viiveet ovat lyhyitä eli yleisesti vain 1–2 neljännestä. Kun viiveet ovat pieniä, voisi olettaa, että molemmat rakennustyyppit reagoisivat nopeasti tai lähes välittömästi indikaattoreiden muutoksiin ja olisivat ajan hermoilla. Pieniä kategorisia erojakin rakennustyyppien väliltä löytyy: toimistorakennuksilla investoinnit ennakoivat noin vuodella ja teollisuusrakennuksilla teollisuuden indikaattorit edeltävät neljänneksestä puoleen vuoteen. Yleisesti talouden ja teollisuuden indikaattoreista ei ole kuitenkaan pidemmän horisontin ennustajiksi.

Koska luottamusindikaattorit mittailevat vastaajien aavistuksia ja odotuksia tulevasta, on luonnollista että luottamusindikaattoreilla on suuremmat viiveet kuin muissa viivepyörissä, ks. kuviot 5.4–5.5 ja 5.8–5.9. Nämä indikaattorit eivät muutamaa poikkeusta lukuunottamatta ole yhtäaikaisia, vaan edeltävät molemmilla rakennustyypeillä neljänneksestä vuoteen. Pääsääntöisesti vain työllisyyden odotukset ovat käänteisiä tekijöitä. Tällöin työllisyyden kasvun odotukset vähentäisivät sekä teollisuus- että toimistorakennusten aloituksia. Muuten riippuvuudet ovat suoria.

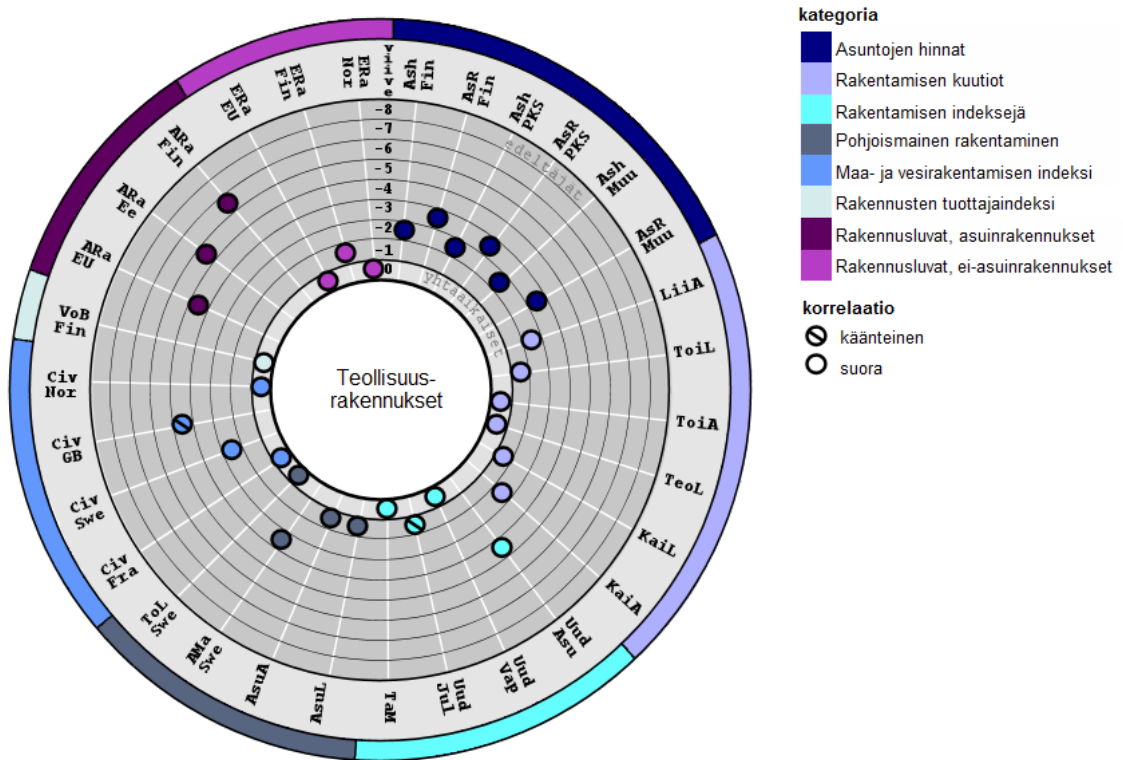
EU:n, Euro-maiden ja Suomen lisäksi yleisimmin mukana esiintyvät Saksan, Ruotsin, Ranskan, Alankomaiden ja Belgian indikaattorit. Luottamusindikaattoreiden maantieteellinen jakautuma painottuu enemmän Länsi-Eurooppaan. Eroja viiveiden suuruuksilla ei ole maakohtaisesti.



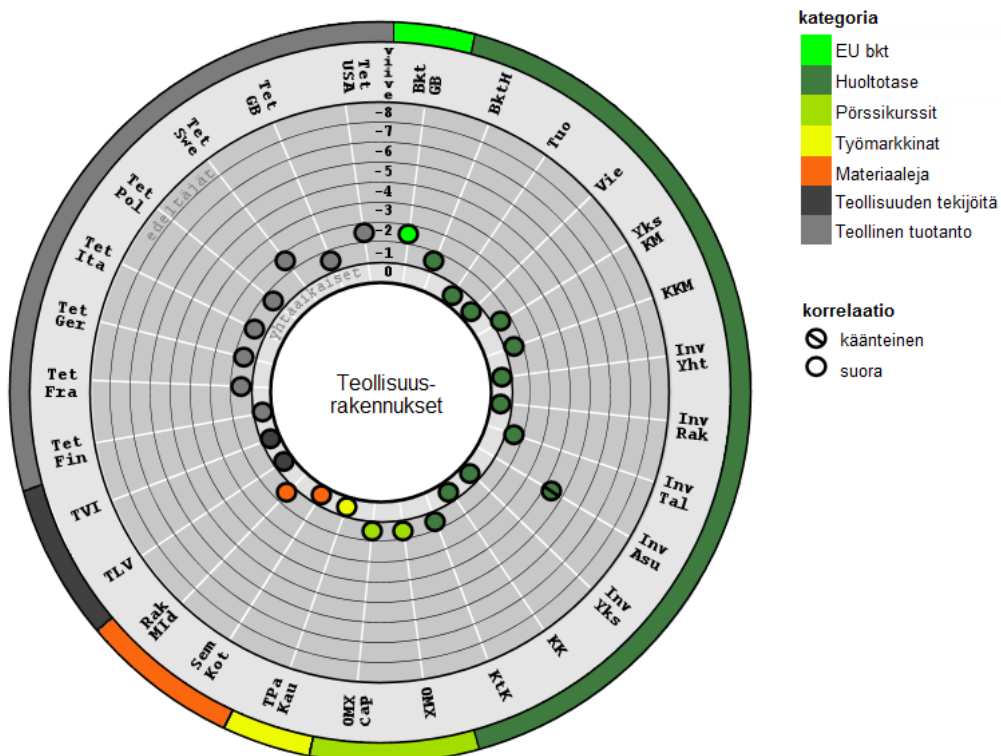
Kuvio 5.4. Toimistorakennukset 3.



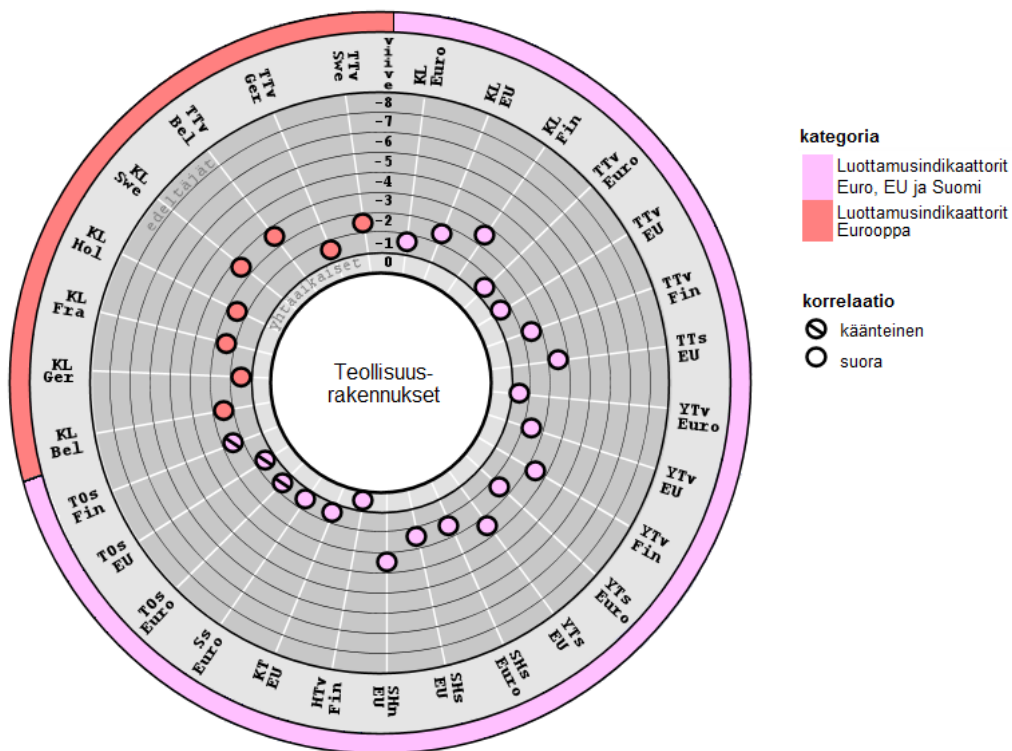
Kuvio 5.5. Toimistorakennukset 4.



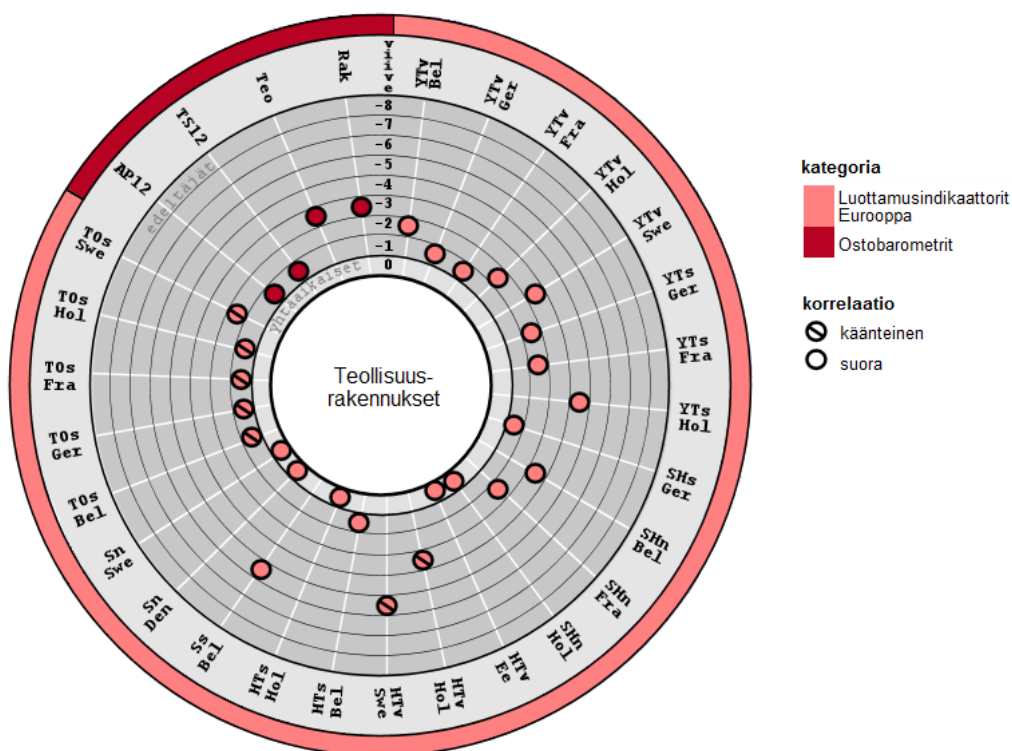
Kuvio 5.6. Teollisuusrakennukset 1.



Kuvio 5.7. Teollisuusrakennukset 2.



Kuvio 5.8. Teollisuusrakennukset 3.



Kuvio 5.9. Teollisuusrakennukset 4.

Koska talouden ja teollisuuden viiveet olivat lyhyitä, sekä rakentamisen ja luottamusindikaattoreiden viiveet olivat verrattain keskipitkiä, voitaisiin ajatella että teollisuus- ja toimistorakentaminen tapahtuu niin kuin asiat ovat nyt ja miltä ne vaikuttavat lyhyehköllä tähtäimellä. Koska suuria viiveitä ei juuri saatu muutamaa poikkeusta enempää, vaikuttaa siltä, etteivät kyseiset rakennustyyppit muokkaudu ihmisten oletusten mukaan vaan enemmänkin realistisen taloustilanteen mukaan.

5.1.4 Keskisuurien indikaattorilöydösten rakennustyyppit

Indikaattoreita löytyi liikerakennuksille 52 kappaletta ja julkisille palvelurakennuksille 56 kappaletta. Kummassakin tapauksessa noin puolet indikaattoreista on rakentamisen ja talouden puolelta, ja käytännössä puolet luottamusindikaattoreista. Mainittujen rakennustyyppien yhtäläisyydet päättyvätkin tähän, sillä rakennustyyppit edustavat erilaisia indikaattoriesiintymien näkökulmia. Rakennustyyppit tarkastellaan siksi erikseen.

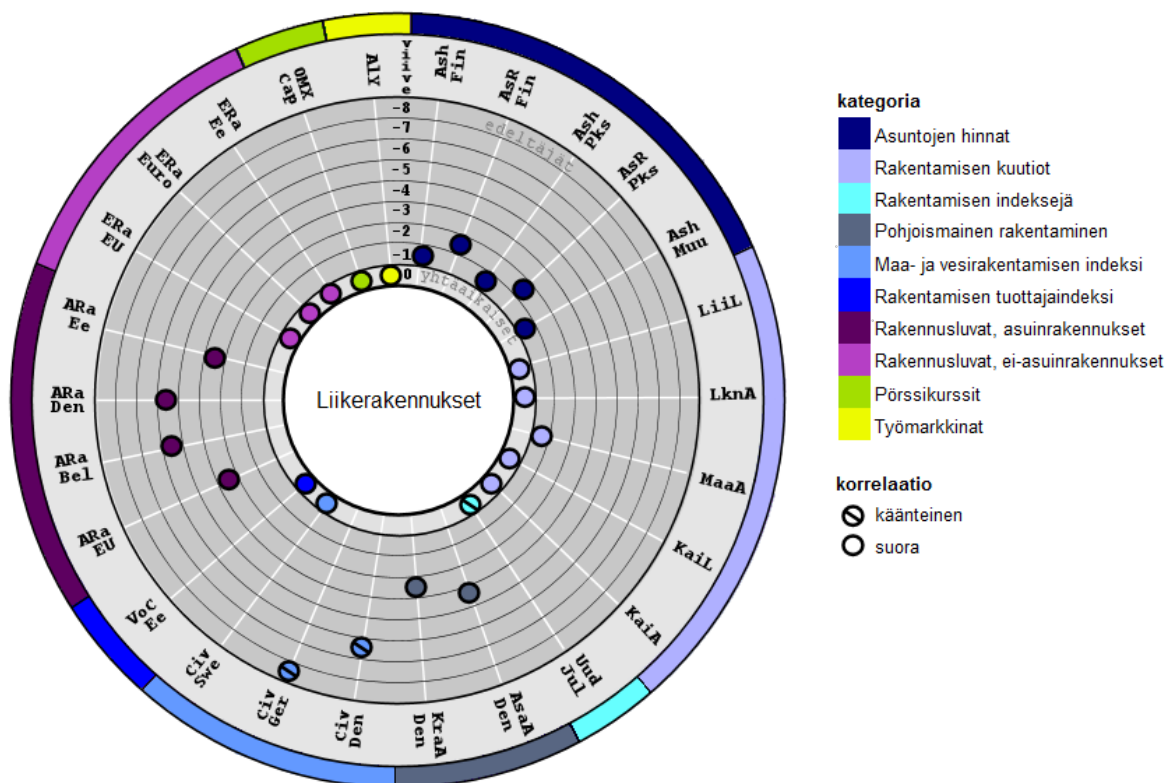
Liikerakennusten rakentamisen ja talouden indikaattorit on esitetty kuviossa 5.10. Edeltäviä ryhmiä ovat asuntojen hintaindeksit (puolen vuoden viive), pohjoismainen rakentaminen (noin vuoden viive) ja asuinrakennusten rakennusluvut Euroopassa (noin vuoden viive). Talouden puolelta indikaattoreita on vain kaksi kappaletta: Helsingin pörssin OMX Cap ja aloittaneiden yritysten lukumäärä. Molemmat ovat yhtäaikaista indikaattoreita. Sen sijaan rakentamisen ja sen markkinoiden puolelta on 10 yhtäaikaista ja 15 edeltävää tekijää.

Indikaattorit olivat suoria riippuvuussuhteita lukuun ottamatta Saksan ja Tanskan maa- ja vesirakentamisia. Nämä olivat myös ainoat yli 1.5 vuoden edeltävät. Suorat riippuvuuksien dominointi tekee ennakkoinnista nousukauden mukaista: rakentamiset aloitetaan kun indikaattorit ovat kasvussa.

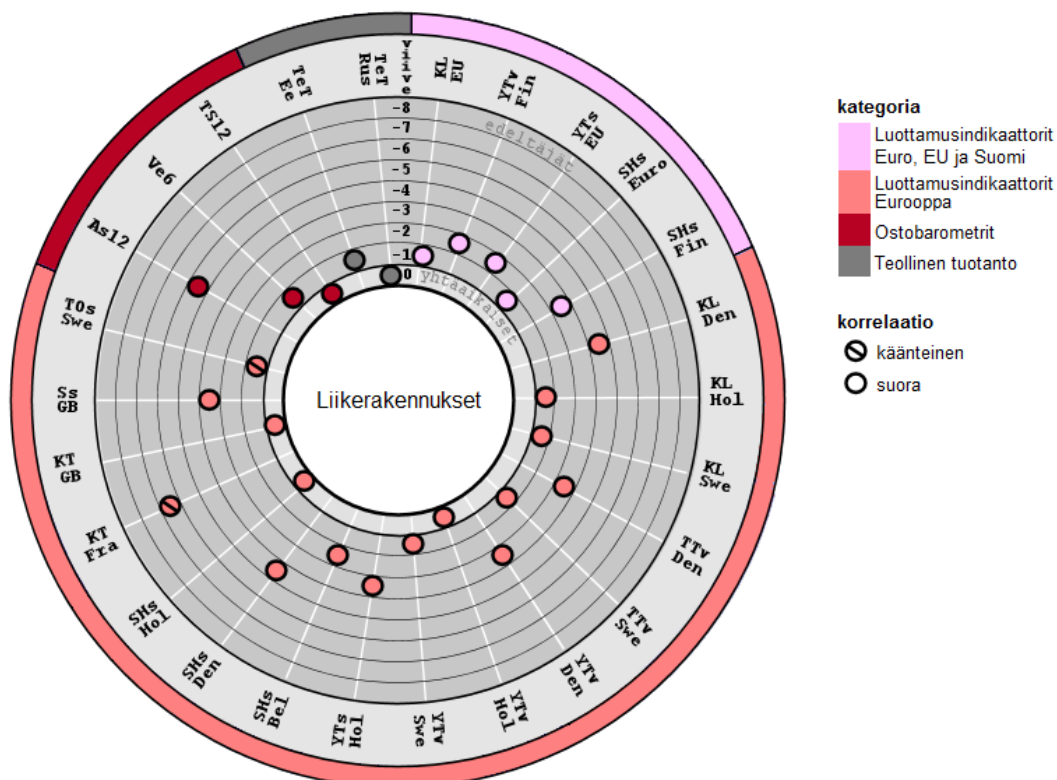
Koska suuri osa rakentamisen ja talouden indikaattoreista painottuu pienille tai yhtäaikaistilanteille viiveille, voisivat tulokset indikoida liikerakentamisen reagoivan nopeahkosti kysyntään kuten toimisto- ja teollisuusrakennuksien kohdalla. Liikerakentamista onkin vaikea ennustaa taloudelliselta puolelta.

Luottamusindikaattorit, kuvio 5.11, näyttäisivät ennakoivan liikerakentamista. Vain neljä indikaattoria tapahtuu yhtäaikaisesti. Luottamusindikaattorit edeltävät rakentamista yleisesti alle vuoden ennakkoinnilla. Ihmisten odotukset EU:n, Euro-maiden ja Suomen alueilla ennakoivat 1–3 neljännestä ja muiden maiden yhtä lukuun ottamatta 0–4 neljännestä. Erityisesti Alankomaiden ja Pohjoismaista Ruotsin ja Tanskan luottamusindikaattorit ovat vahvasti läsnä. Varsinkin Tanskan indikaattoreiden viiveet ovat suuremmasta päästä, yleensä 3–4 neljännestä edellä. Yleinen luottamus näyttäisi siis edeltävän liikerakentamista, alle vuoden.

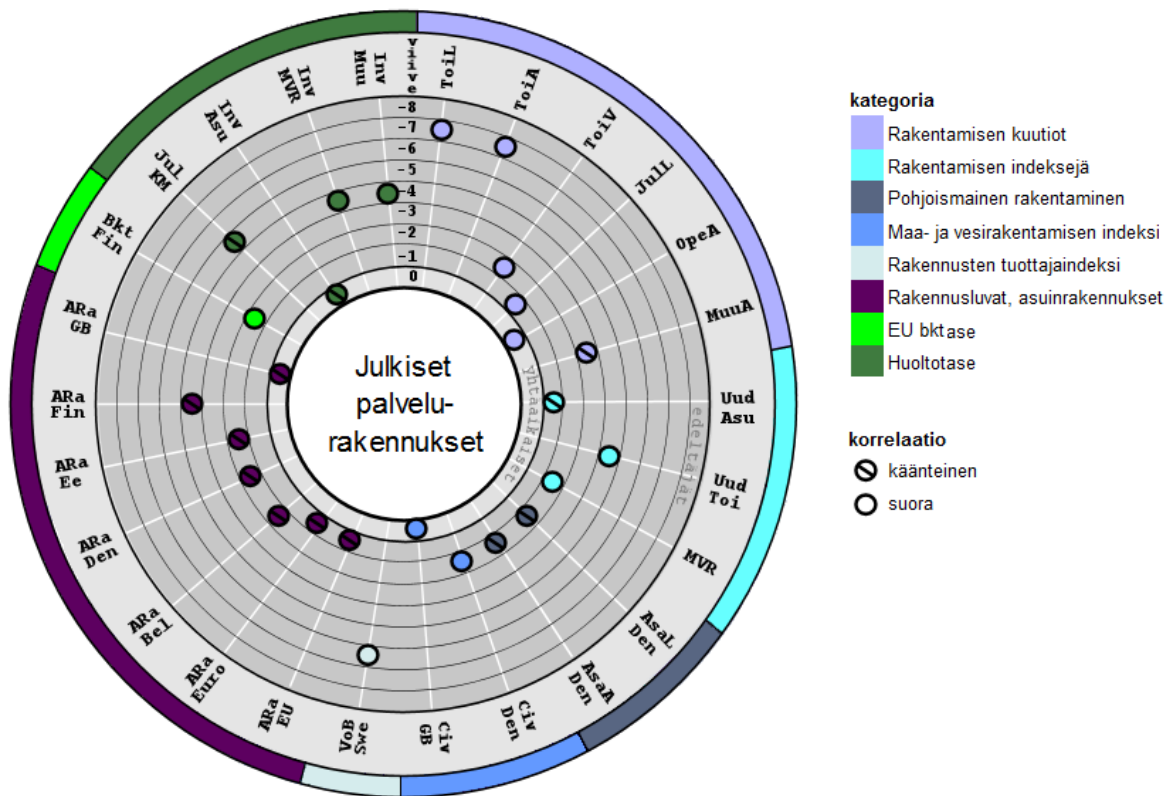
Teollisuuskategorian indikaattoreita on kaksi. Teollinen tuottaminen löytyy indikaattorina kahdelta Suomen lähistön valtiota: Virolta ja Venäjältä. Molempien indikaattorien edeltävyys ei ole kovin suurta, Venäjän teollinen tuottaminen on samanaikaista ja Virolla ennakkointi tapahtuu vain yhdellä neljänneksellä.



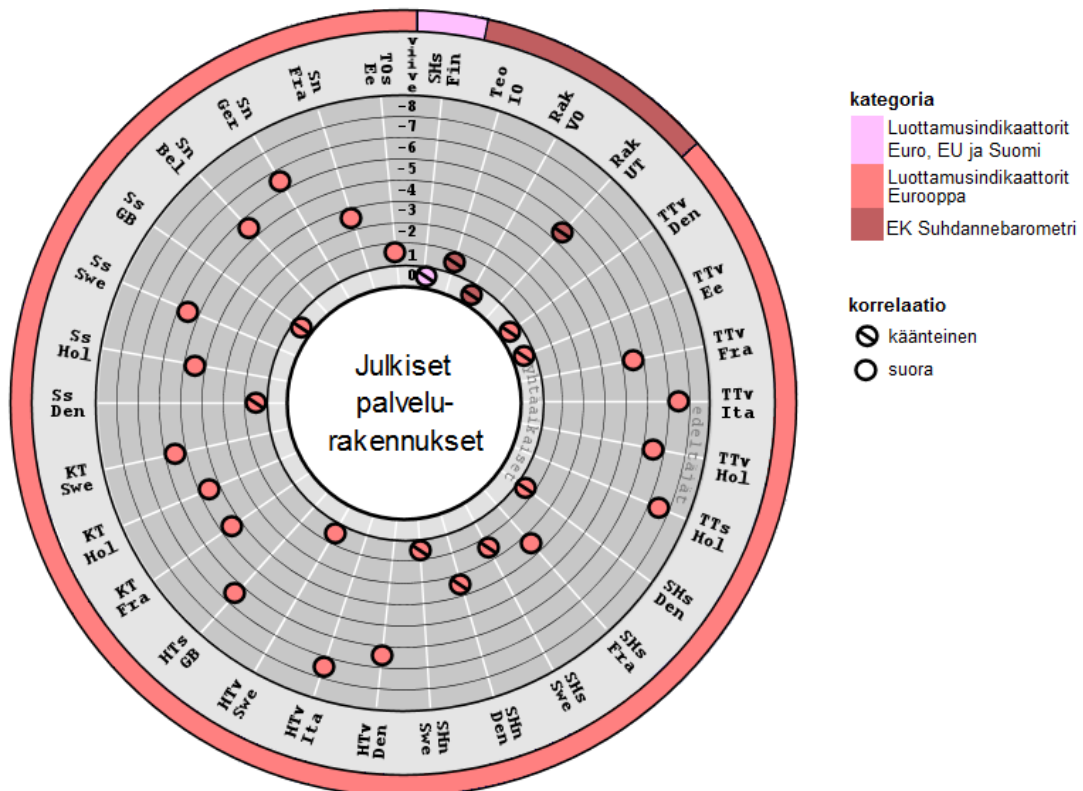
Kuvio 5.10. Liikerakennukset 1.



Kuvio 5.11. Liikerakennukset 2.



Kuvio 5.12. Julkiset palvelurakennukset 1.



Kuvio 5.13. Julkiset palvelurakennukset 2.

Liike-, toimisto- ja teollisuusrakennuksien indikaattorit ovat kohtalaisen hilitettyjä: rakentamisen ja talouden indikaattoreissa on paljon yhtäaikaisia ja luottamusindikaattoreissa korkeintaan vuoden edeltäjiä. Siinä missä kolmen edellä mainitun rakennustyyppin indikaattorit saivat suhteellisen samanlaisia viiveitä eri kategorioissa, on julkisten palvelurakennusten viiveissä paljon enemmän hajontaa. Muihin verrattuna julkisten palvelurakennuksien indikaattorilöydöt ovat varsin poikkeavia, tulokset kuvioissa 5.12 ja 5.13.

Ensimmäinen huomio on yhtäaikaisten indikaattorien puute. Pelkästään talouden ja rakentamisen tekijöistä vain neljällä on yhtäaikainen rooli, muilla viiveet sijoittuvat pääasiallisesti alle vuoden. Tämän takia julkiset palvelurakennukset eivät välttämättä reagoi voimakkaasti lyhyen ajan muutoksiin eli eivät eläydy nopeasti muuttuviin tilanteisiin, vaan peilailevat tapahtumia rauhallisemmin kauempana, neljänneistä suuremmilla horisonteilla.

Toisena kiinnostuksena viivepyörät korostavat eroavaa kategorioiden esiintymistä. Esimerkiksi aiemmilla rakennustyypeillä asuntojen hintaindeksit ovat olleet selkeästi edeltäviä indikaattoreita, nyt niitä ei ole ollenkaan tuloksissa. Myöskään teollisuusindikaattoreita tai ostobarometreja ei löydy. Julkisten palvelurakennukset näyttävätkin keskittyvän harvemmalle kategorialle ja keskimääräisesti suuremmille viiveille.

Huomioitavaa on, että toisin kuin aiemmin mainituilla rakennustyypeillä (teollisuus-, toimisto- ja liikerakennukset) julkisilla palvelurakennuksilla on peräti puolet käänteisiä suhteita. Tällöin julkisia rakennuksia voidaan pitää vastavetona talouden, rakentamisen ja yleisen luottavaisuuden tilanteelle, ja ne saisivat tehoa käänteisten muuttujien syvänteistä eli edellä mainittujen laskusuhdanteista. Esimerkiksi Euroopan asuinrakennusten rakennuslupien väheneminen nostaisi Suomessa julkisten palvelurakennusten aloituksia. Edelleen joitakin suoria riippuvuuksia löytyy, joskin rakentamisen ja talouden puolella vain muutama. Tarkemmin suoria riippuvuussuhteita löytyy esimerkiksi rakentamisen kuutioista, maa- ja vesirakentamiseen kytketyistä muuttujista ja Suomen bruttokansantuotteesta.

Käänteiset riippuvuussuhteet jatkuvat luottamusindikaattoreiden kohdalla, kuvio 5.13. Myös huomattava osa luottamusindikaattoreista saa riippuvuuksiksi käänteiset korrelaatiot, jolloin kuluttajien, teollisuuden ja rakentamisen luottamusten vajoamiset nostaisivat julkisten palvelurakennusten aloituksia. Lisäksi luottamusindikaattoreiden viiveet ovat kiistattomasti suuria – osalla melkein kaksi vuotta.

Erikoinen piirre luottamusindikaattorien tuloksissa on Suomen, EU:n ja Euro-alueen indikaattoreiden poissaolo. Vain Suomen tulevaisuuden suuret hankinnat -indikaattori on mukana, tietysti käänteisenä. Julkinen palvelurakentaminen voi ollakin enemmän päätöksiä korkeammalta taholta, ei niinkään kansalaisten luottamuksesta tai aloitteesta.

Kategoriana EK:n suhdannebarometrit löytyvät ensimmäistä kertaa. Elinkeinoelämän suhdannenäkymissä teollisuuden investointiodotukset ja rakennusteollisuuden uudet tilaukset ovat edeltäviä indikaattoreita. Rakennusteollisuuden vientiodotukset ovat yhtäaikainen indikaattori. Kaikki mainitut baro-

metrit ovat käänteisiä, eli niiden laskusuhdanteet nostaisivat julkisia palvelurakennuksien aloituksia.

Maista mukaan on valikoitunut Euroopan suuria talousmaita, kuten Iso-Britannia, Ranska, Hollanti, Saksa ja Italia sekä Pohjoismaista Tanska ja Ruotsi ja Baltian maista Viro. Suurin osa käänteisistä tekijöistä löytyy Ruotsin, Tanskan ja Viron puolelta. Yleinen luottamus näissä maissa näyttäisi vaikuttavan käänteisesti Suomen tilanteeseen.

Koska yleisesti indikaattorit saavat suurehkoja viiveitä, voivat julkiset palvelurakennukset olla rakentamista, joka tehdään enemmänkin tulevaisuuden oletusten ja tunnelmien pohjalta, kuin siten miten tilanteet itse asiassa toteutuvat. Eli rakennetaan miltä tuntuu, ei miten asiat ovat.

Yhteenvetona liikerakennukset ovat toimintaa, joka näyttäisi keskittyvän enemmänkin samanaikaisten tapahtumien välittömään reagointiin ja luottamusindikaattoreilla korkeintaan vuoden ennakoimiseen. Julkiset palvelurakennukset ovat vastareaktio taloudelliselle tilanteella ja käyttäytyvät useammin käänteisesti kuin suorasti indikaattoreidensa kanssa. Kaiken kaikkiaan julkiset palvelurakennukset saattavat olla myös hitaampia ja rauhallisempia reagoimaan tekijöihin kuin liikerakennukset, sillä viiveet ovat yleisemmin suurempia. Kyseinen rakentaminen voi olla kauaskantoisesti tähtäävää toimintaa, joka tarkastelee tulevaisuuden näkymiä enemmän Suomen rajojen ulkopuolelta.

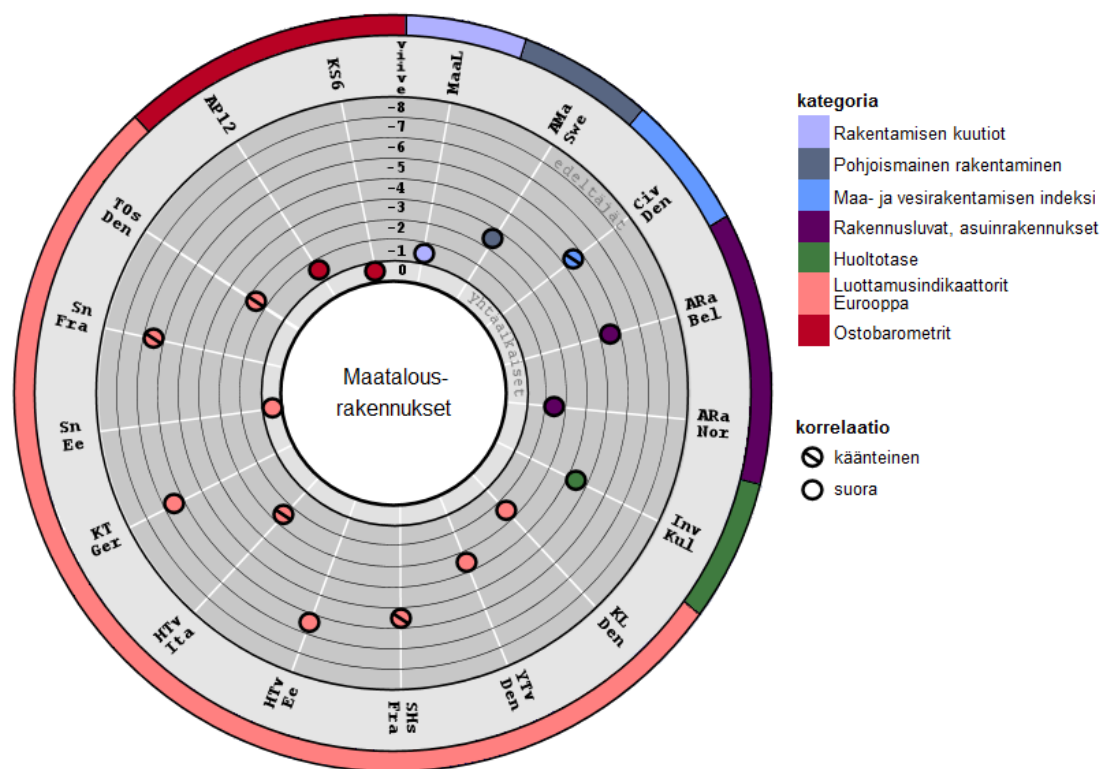
5.1.5 Maatalousrakentaminen, oma pieni yksikkönsä

Maatalousrakennuksien aloituksille löytyi indikaattoreita heikosti, kuvio 5.14. Yhteensä niitä oli vain 17 kappaletta ja ne jakaantuivat useille kategorioille. Koska indikaattoreiden kategorioista puuttuu yhtenäisyys runsaan esiintymisen vuoksi, on myös johtopäätösten tekeminen kovin hankalaa tuloksista.

Aineiston valikoituminen rakentamiseen, talouteen, energiaan, luottamusindikaattoreihin ja teollisuuteen voi olla osittain syy heikkoon indikaattorien määrään. Maatalous on varmasti sidoksissa sellaisiin tekijöihin kuten ruuanhintoihin, kasvukausiin ja satojen tuotoihin. Käsitellyistä aineiston ehdokkaista moni ei ollut suoraan maatalouteen liittyviä, joten potentiaalisia indikaattoreita saattaisi löytyä paremmin kohdennetulla aineistolla.

Kuviosta 5.14 voi päätellä, että maatalousrakennuksilta löytyy jonkin verran käänteisiä korrelaatioita – kuten julkisilla palvelurakennuksilla. Täten myös maatalousrakennukset saattaisivat olla hieman sidoksissa laskusuhdanteisiin. Vain kaksi muuttujaa tapahtuu samanaikaisesti ja suurin osa muista muuttujista saa viiveeseen 2–6 neljännestä, joten maatalousrakennukset voivat olla enemmänkin pitemmän ja rauhallisemman seurailun tulosta, eikä se reagoisi nopeasti indikaattoreiden muutoksiin.

Käytännössä suurin osa löydetystä tekijöistä kuuluu muiden maiden odotuksille tai rakentamiselle, vain neljä indikaattoria ovat Suomen lukuja. Ehkä maatalouden rakentaminen saattaisi olla muun Euroopan liikehdintään kiinnitetty. Toisaalta Suomeen tuodaan myös paljon elintarvikkeita ja näiden tuonti- maiden vaikutus voi olla hyvinkin perusteltua. Myös kuluttajien käyttäytymi-



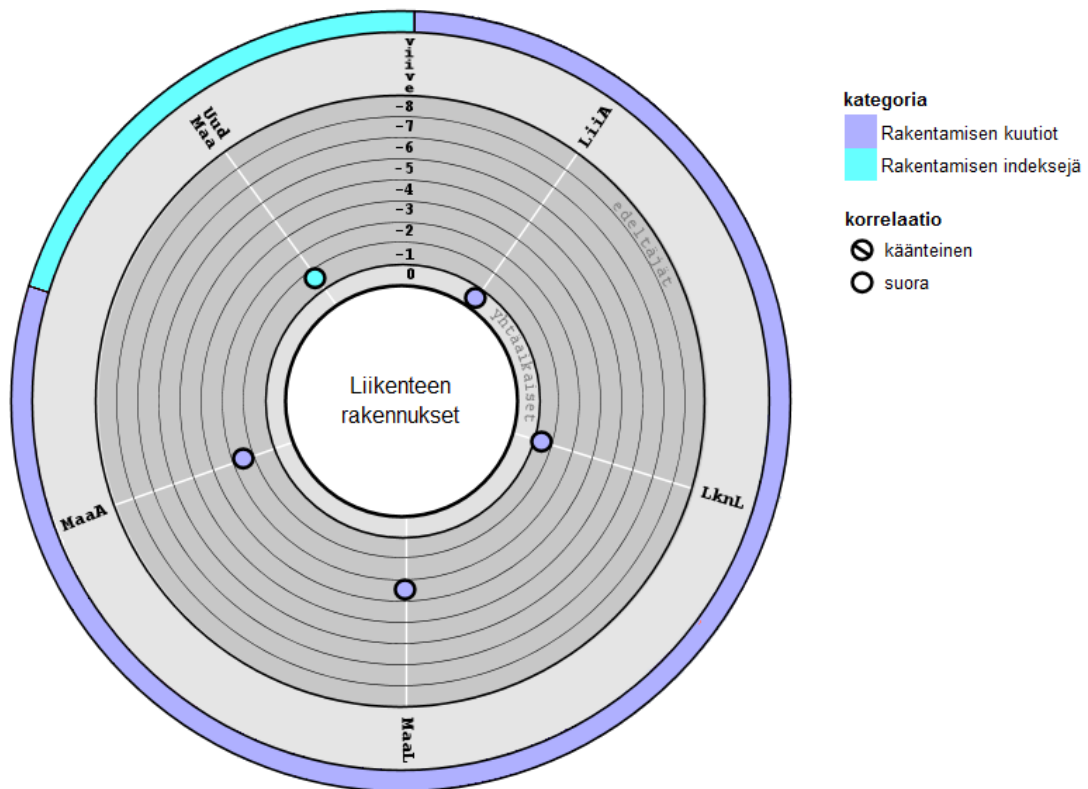
nen voi vaikuttaa kotimaiseen maatalouteen ja edelleen maatalousrakennuksien tuotantoon.

5.1.6 Yksinäiset rakennustyytit: varasto- ja liikenteen rakennukset

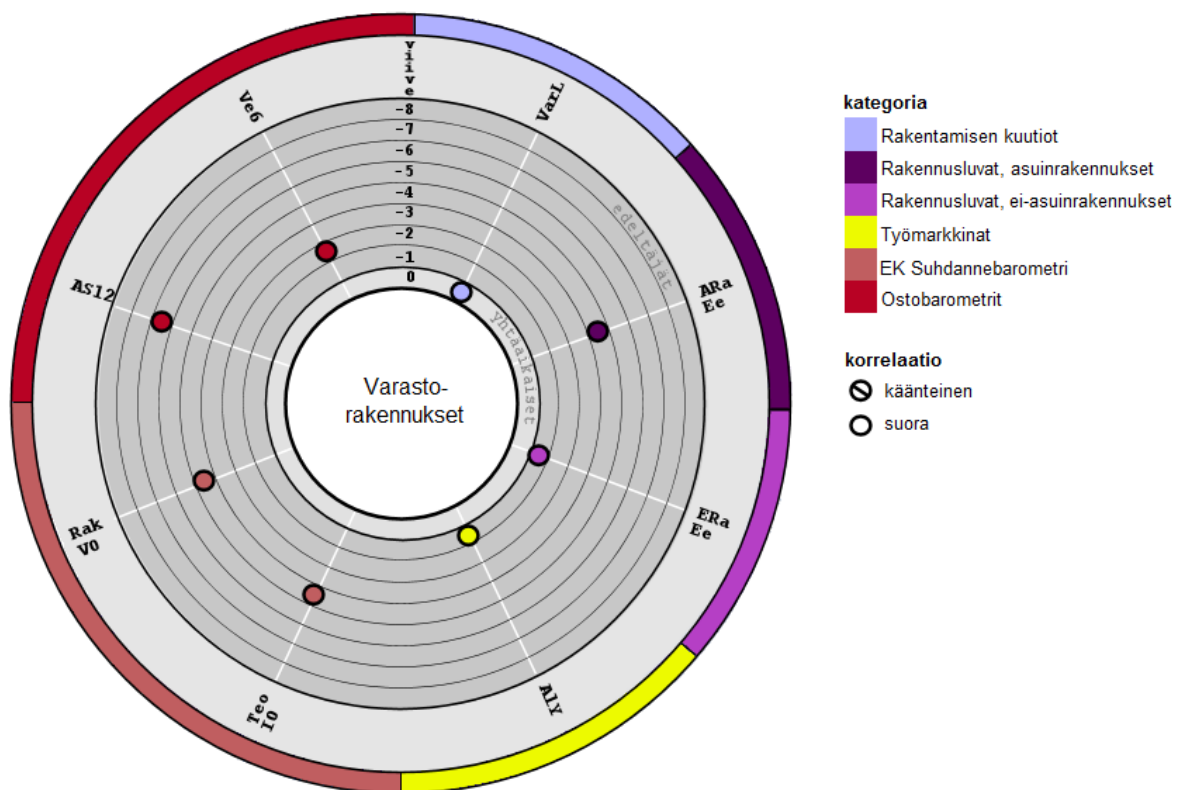
Kahdella rakennustyyppillä indikaattoreiden löydökset voidaan laskea muutamissa yksiköissä. Varastorakennukselle indikaattoreita löytyi 8 (kuvio 5.15) ja liikenteen rakennuksille 5 kappaletta (kuvio 5.16).

Yleisesti varastorakennuksia on usein yhdisteltä teollisuusrakennusten kanssa, mutta indikaattoreiden mukaan yhteyttä teollisuusrakennuksien indikaattoreihin ei löydy indikaattorien määrän tai viivepyörän käyttäytymisen mukaan. Vain indikaattorit teollisuuden investointiodotukset ja rakentamisen vientiodotukset voisivat yhdistää varastorakennukset teollisuuteen, sillä kummatkin tekijät näyttäisivät nostavan varastojen aloituksia vuoden ennakoinnilla. Myös ostobarometreillä ja Viron rakentamisella näyttäisi olevan edeltävyyttä. Kuitenkin muutaman indikaattorin avulla on vaikea muodostaa kokonaiskuvaa varastorakennusten käyttäytymisestä.

Liikenteen rakennuksien kaikki viisi indikaattoria sijoittuvat rakentamiselle. Näyttäisi kuin liikenteen rakentaminen olisi sidoksissa vain kun liike- ja maatalousrakennuksien investointeihin. Viiveet liikkuvat 0–3 välillä. Voi olla, että liikenteen kohdalla rakentaminen on hyvin sattumanvaraista, vailla varsinaisia suunnannäyttäjiä.



Kuvio 5.15. Liikenteen rakennukset



Kuvio 5.16. Varastorakennukset

5.1.7 Indikaattoreiden maantieteellinen jakautuminen

Tarkastelemalla indikaattorilöydösten maantieteellistä muodostumista, voidaan tehdä varovaisia tulkintoja Suomessa tapahtuvan rakentamisen alttiudesta muiden valtioiden käyttäytymiselle ja konkreettisille tapahtumille sekä tulevaisuuden odotuksille. Tulkintojen tekemisessä täytyy käyttää harkintaa, sillä muutujien määrät eivät ole maantieteellisesti yhtä suuret. Esimerkiksi Pohjoismaista, Islantia lukuun ottamatta, on löydetty myös rakentamisen tarkempia tietoja analyysiin¹. Edelleen rakennusmarkkinoiden indeksejä, bruttokansantuotteen tietoja sekä luottamusindikaattoreita ei löydetty kaikille 12 maan ja kahden suuralueen muuttujille yhtä montaa. Lisäksi Yhdysvalloilla ja Venäjällä on kummallakin vain kaksi muuttujaehdokasta mukana pelkästään teollisuuden kategoriassa.

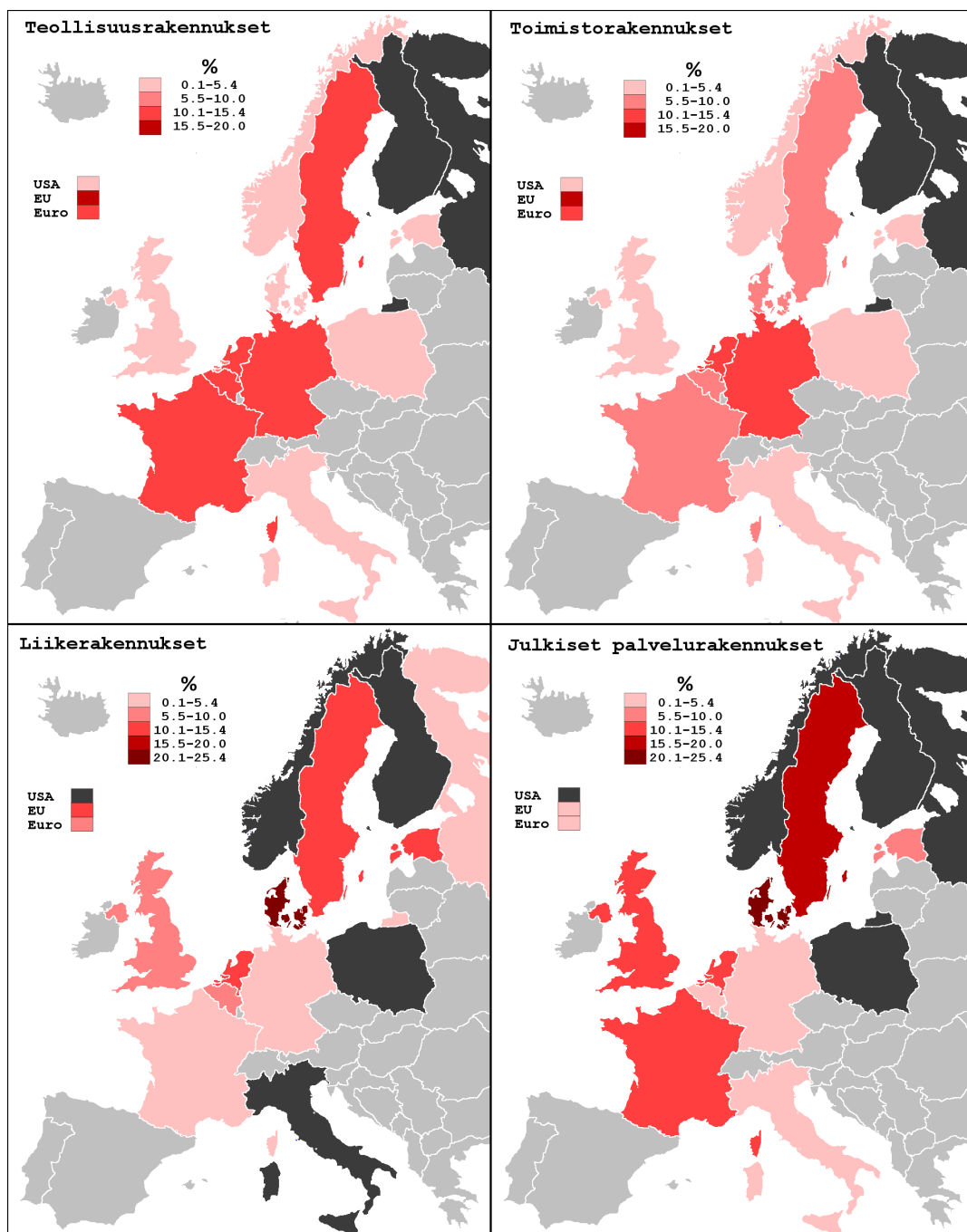
Kun eri rakennustyyppit saavat eri määrän lopullisia indikaattoreita, päätettiin maantieteellinen jakauma esittää suhteellisilla alueiden osuuksilla koko indikaattorilöydösten joukosta, kuvio 5.17. Kuviossa on esitetty neljän rakennustyyppin indikaattoreiden prosentuaaliset osuudet alueittain. Graafisesti esiteltiin vain neljä suurinta indikaattorimäärältään olevaa rakennustyyppiä, sillä muissa maissa havaintoja maittain oli niin vähän, että karttakuva ei olisi ollut kovin edustava. Osuudet on laskettu pelkästään Suomen ulkopuolisista indikaattoreista. Alueiden värit on tehty noin 5 %:n välein ja vaaleimmat sävyt kuvaavat indikaattoreiden niukkaa esiintymistä. Tummanharmaat sävyt kertovat valtion olleen mukana tarkasteluissa, mutta yhtään indikaattoria ei tältä alueelta löytynyt kyseessä olevalle rakennustypille. Poikkeuksen tähän tekee Suomi, jota ei karttatarkasteluihin otettu mukaan. Vaalean harmaat sävyt kuvaavat maita, joiden yksilöllisiä arvoja ei ole otettu huomioon koko tutkimuksessa. Toisaalta suurin osa näistä poissuljetuista maista on mukana EU- ja Euro-maiden indikaattoreissa.

Kartta antaa rajalliset mahdollisuudet esittää yksittäisiä valtioita ja suurempia alueita, joten Yhdysvallat, EU- ja Euro-maiden osuudet ilmoitetaan karttakuvien vasemmalla laidalla olevilla merkinnöillä.

Yhteisestä karttakuvasta nähdään teollisuus- ja toimistorakennuksien samankaltaisuus. Molempien tyyppien kohdalla indikaattoreita löytyi vähintään yksi indikaattori aluetta kohti, Venäjää lukuun ottamatta. Vaikka Pohjoismaissa oli enemmän ehdokkaita mukana, saavat Länsi-Euroopan maat Ranska, Saksa, Belgia ja Hollanti silti huomattavat osuudet löydöksistä. Myös EU ja Euro-alue ovat herkkiä indikaattoreiksi ryhtyjiä ja EU:sta saa enemmän indikaattoreita Euro-maihin verrattuna.

Teollisuus- ja toimistorakennuksilla on selkeä ero liike- ja julkisten palvelurakennusten painottumisiin. Siinä missä teollisuus- ja toimistorakennukset näyttäisivät poimivan indikaattoreita Pohjolaa kauempaa Länsi-Eurooppasta sekä vaikutteita yksittäisiä valtioita suuremmilta alueilta (EU, Euro), on liike- ja julkisten palvelurakennusten indikaattorit keskittyneet hajanaisemmin. Sekä Ruotsin, että Viron keskittymät ovat suurempia ja myös Tanska

¹Kts. ryhmä Pohjoismainen rakentaminen, indikaattorilista, liite B.



Kuvio 5.17. Indikaattoreiden maantieteellinen jakautuminen.

on erittäin merkitsevä indikaattorien lähtömaa. Lisäksi sekä EU- että Euro-maat ovat menettäneet osuuksiaan ja vastaavasti Norjasta ei löytynyt yhtään indikaattoreita. Suomeen nähden lähialueiden merkitys on voinut kasvaa.

Muita huomioita kartoista voi tehdä maittain. Esimerkiksi Norjan merkitys Suomen rakentamiselle näyttää olevan kohtalaisen heikkoa. Verrattuna muiden mukana olevien Pohjoismaiden (Ruotsin ja Tanskan) esiintymisiin, EU:n ulkopuolella olevan Norjan muuttajat voivat hyvinkin olla muista poikkeavia. Ruotsin osuus on kaikissa kuvaajissa tärkeä, joten Suomen länsinaapurin ennakointi voi olla oleellista. Myös Tanskan ja Viron osuuksien merkitys on voimistunut liike- ja julkisten palvelurakennusten kohdalla.

Pelkästään EU:n indikaattoreiden osuus on merkittävä, joten unionin yhteisvaikutus ennakoi Suomea teollisuuden ja toimistojen näkökulmasta. Sen sijaan unionin vaikutus vähenee huomattavasti indikaattorien osuuksissa liike- ja julkisten palvelurakennusten kohdalla. Unionin tapahtumat eivät siis ennakoi tai tapahdu yhtäaikaaisesti Suomen tilanteen kanssa näiden rakennusten kohdalla. Kaiken kaikkiaan indikaattoreiden maantieteellinen jakautuminen riippuu todellakin rakennustyyppistä.

5.2 TS-LARS-mallinnukset ja tulevaisuuden näkymät

5.2.1 Mallinnukset

Ennusteita varten poimittiin neljä rakennustyyppiä, joille uskottiin löytävän hyvät ennustemallit runsaista indikaattoreiden määristä. Nämä rakennustyyppit olivat toimisto-, teollisuus- ja liikerakennukset sekä julkiset palvelurakennukset. Mallinnukset suoritettiin TS-LARS-menetelmällä ja jokaiselle rakennustyyppille muodostettiin neljä mallia. Malleihin oli asetettu horisontit 1–4 ja aineistona käytettiin vuosien 2000–2012 havaintoja. Menetelmän annettiin itse valita muuttujien määrä ja käytetty viive. Muuttujien määrää saatettiin rajoittaa ainoastaan, jos informaatiokriteerin arvot eivät oleellisesti parantuneet. Taulukoissa 5.1–5.4 on esitetty näiden ennustusmallien tunnuslukuja rakennustyypeittäin. Liitteestä C löytyy listaukset malleihin seulotuista indikaattoreista.

Yleisesti ottaen malleihin valikoituneet muuttujat vaikuttavat jakautuvan tasaisesti monelle suunnalle. Yleisesti luottamusindikaattorit ovat tuloksissa hyvin edustettuja. Vain harvoin samaa asiaa mittaavia indikaattoreita otettiin malliin. Suositut indikaattoreita ovat rakennusluvut Euroopassa, niitä saattaa olla samassa horisonttimallissa eri mailta muutamia, kahdesta kolmeen kappaletta. Lisäksi muita rakentamisen indikaattoreita Suomessa ja muissa Euroopan maissa sekä luottamusindikaattorit Euroopan maissa näyttäytyvät malleissa usein. Myös samoja muuttujia ilmenee usein peräkkäisissä horisonttimalleissa. Tämä voi vahvistaa menetelmän toimivuutta, kun ennustemallit samalla rakennustyyppillä eivät eroa täysin toisistaan horisonteittain.

Toimistorakennuksien ennustemalleissa korostuvat luottamusindikaattorit kaikilla horisonteilla. Sen sijaan teollisuusrakennusten malleissa luottamusindi-

Toimistorakennukset				
Mallin horisontti	H=1	H=2	H=3	H=4
Muuttujien lkm, m	4	6	3	6
- samoja ed. horisontin kanssa	-	2	1	1
Viiveen pituus, p	1	1	1	1
Selitysaste R^2	0.77	0.77	0.48	0.67

Taulukko 5.1. Toimistorakennusten TS-LARS-mallien tunnuslukuja.

Teollisuusrakennukset				
Malli	H=1	H=2	H=3	H=4
Muuttujien lkm, m	3	4	6	3
- samoja ed. horisontin kanssa	-	1	2	1
Viiveen pituus, p	1	1	2	2
Selitysaste R^2	0.73	0.74	0.81	0.76

Taulukko 5.2. Teollisuusrakennusten TS-LARS-mallien tunnuslukuja.

Liikerakennukset				
Malli	H=1	H=2	H=3	H=4
Muuttujien lkm, m	5	4	6	6
- samoja ed. horisontin kanssa	-	2	2	2
Viiveen pituus, p	2	2	1	1
Selitysaste R^2	0.83	0.74	0.67	0.70

Taulukko 5.3. Liikerakennusten TS-LARS-mallien tunnuslukuja.

Julkiset palvelurakennukset				
Malli	H=1	H=2	H=3	H=4
Muuttujien lkm, m	5	4	6	6
- samoja ed. horisontin kanssa	-	4	3	2
Viiveen pituus, p	2	1	2	2
Selitysaste R^2	0.81	0.76	0.76	0.86

Taulukko 5.4. Julkisten palvelurakennusten TS-LARS-mallien tunnuslukuja.

kaattoreita löytyy erityisesti pidemmillä horisonteilla. Lisäksi teollisuuden malleista kolmeen valikoituu Helsingin pörssin muuttuja. Liikerakennusten malleissa on kaikilla horisonteilla asuinrakennusten rakennusluvut Tanska ja/tai Virosta. Myös eri rakennustyyppien aloitukset Suomessa esiintyvät useasti, tällöin liikerakentaminen voisi olla johdettua rakentamista yleisestä rakentamisen trendistä. Julkisilla palvelurakennuksilla ilmenee niin ikään usein asuinrakennusten rakennusluvut ja luottamusindikaattoreita.

Malleihin valikoituvia muuttujia tulee tarkastella esimerkkien omaisesti, malleissahan löytyvät vain parhaimmat ennustajat indikaattoreista. Tällöin valitut muuttujat edustavat myös kaikkia niitä indikaattoreita, joiden läsnä olot eivät tuo lisäarvoa mallinnuksiin.

Koska aineisto on hyvin suodatettu ja kooltaan hieman lyhyehkö, viiveiden pituudet vaihtelevat vain 1–2. Selitysasteet näissä PNS-malleissa pysyvät useimmiten kohtuullisen hyvissä lukemissa, yli 70 %:n. Julkiset palvelurakennukset on ainoa rakennustyyppi, joka sekä pysyy selitysasteeltaan yli 75 %:n kaikilla horisonteilla että saa suurimman selitysasteen arvonsa horisontilla 4. Graafisten kuvaajien mukaan sovitettujen ennustemallien istuvat kohtalaisen hyvin todellisiin arvoihin ja eri horisonttien mukaisissa malleissa ei ole yleisesti nähtävissä suurta eroavaisuutta.

Vertailemalla ennustumuuttujia ristikorrelaation tuloksiin, luku 5.1, noudattavat mallien horisontit pääasiassa aiemmin määritettyjä viivepyörien viiveitä. Vertailua vaikeuttaa viivepyörien viiveiden laskentatapa, jossa painotettiin viimeisten vuosien merkitystä. Horisonttimallien muuttujat valitaan koko aineiston pituuden perusteella. Lisäksi ennustemallien, joissa mallin viive $p > 1$, vertailu on hieman haastavaa valittujen muuttujien ristikorrelaatioviiveiden ja horisonttien välillä.

5.2.2 Tulosten esittämisestä

Horisonttimallien tulokset esitetään kahdessa kuviossa. Ensimmäisessä kuviossa on horisonttien 1–4 yhdistelmämallin ennusteet liukuvalla keskiarvolla, joissa ennustearvoa merkitään värikkäällä pisteellä. Väri edustaa käytettyä horisonttimallia. Violetit poikkiviivat kuvaavat 95 %:n luottamusväliä tälle keskiarvolla.

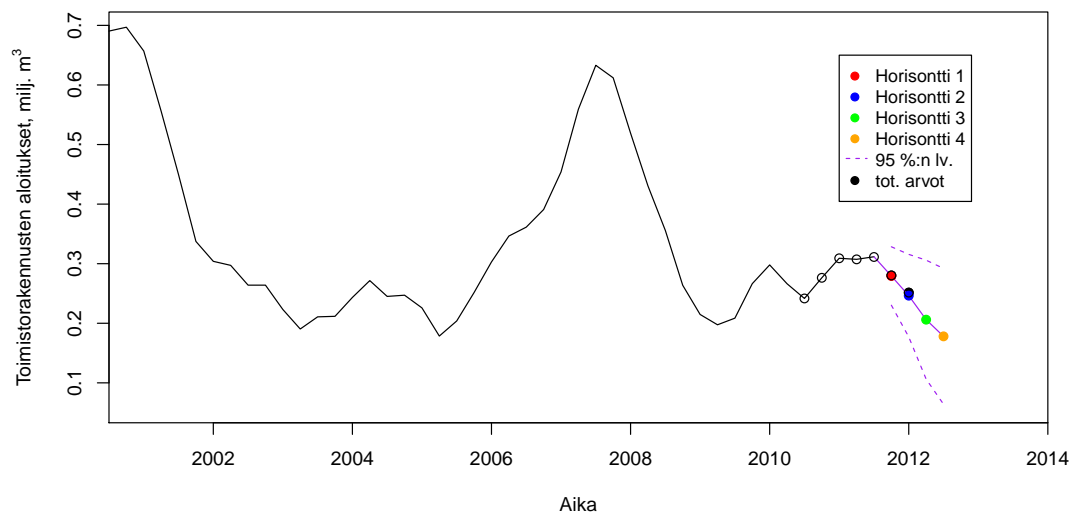
Edelleen ensimmäisessä kuviossa on mustina renkaina toteutuneita liukuvan keskiarvon havaintoja. Kaksi ajallisesti uusinta rengasta kuvaavat niitä rakennusten aloitusten keskiarvoja, joita ei ole käytetty mallintamisessa. Nämä liukuvat keskiarvot vuoden 2011 viimeiselle ja vuoden 2012 ensimmäiselle neljännekselle on laskettu yhdistämällä aineistoon vuoden 2012 toisen ja kolmannen neljänneksen tiedot. Tiedot poimittiin joulukuussa 2012 ja koska niitä ei ole käytetty mallintamisessa, ne ovat neutraaleja verrokeja mallinnetuille ennusteille.

Toisessa kuviossa on liukuvan keskiarvoennusteen lisäksi ennusteista estimoidut kokonaisaloitusten arvot ja todelliset rakennusten aloitusten arvot. Liukuvan keskiarvon ennuste esitetään aniliininpunaisena viivana ja kokonaisarvot aniliininpunaisina pisteinä. Todellisia arvoja on jälleen kaksi havaintoa enem-

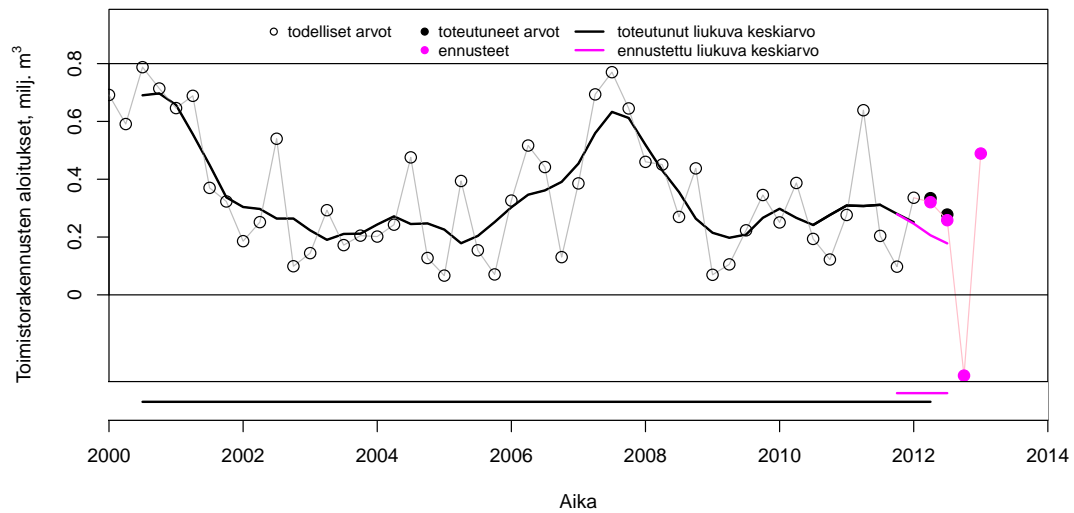
män, ja ne esitetään mustina pisteinä ajankohdissa 2012/II ja 2012/III. Kuvaajasta voidaan päätellä, miten kokonaisaloitusten ennusteet toimivat.

5.2.3 Toimistorakennukset

Ajankohdan 2012/I mukaan tehty ennuste toimistorakentamiselle ennakoisi laskeusuhdannetta, kuvio 5.18. Kaikki neljä ennustetta etenevät laskevasti, vähentymen 10–16 %:n neljännesvuosivauhdilla. Viimeinen, ajankohdan 2012/III ennusteen mukaan pitkänajan kehitys olisi jo 2000-luvun matalimpien arvojen tasolla.



Kuvio 5.18. Toimistorakennusten liukuvan keskiarvon ennuste.



Kuvio 5.19. Toimistorakennusten todellisten aloitusten ennusteet.

Toteutuneista arvoista voidaan nähdä, että liukuvan keskiarvon ennuste on toiminut kahden ensimmäisen ennusteen kohdalla esimerkiksi, lähes indetistisesti piste-estimaattien kanssa ja selkeästi luottamusvälien puitteissa. Eroa to-

dellisiin arvoihin on alle 5000 m³. Ennusteet ovat olleet vain hieman alikanttiin mitoitettuja, mutta virhe on skaalaukseen nähden minimalistinen. Verrattuna aikaisempiin arvoihin ennusteet liikkuisivat vuosien 2003–2006 ja 2009 tasolla. Täten ennusteet ovat vuosikymmenen matalimpien toimistorakennusaloitusten tasoa.

Koska pitemmän ajan kehitys on onnistunut alkutekijöillä, myös todellisilla rakennusarvoilla ennusteet ovat toteutuneet hyvin kohdistuen. Kuvion 5.19 mukaan kaksi ensimmäistä piste-estimointia osuvat kohdilleen erinomaisesti. Sen sijaan laskusuhdanteen jatkuminen ennustaisi jyrkkää pudotusta aloituskalle ajan hetkellä 2012/IV. Itse ennuste saa jopa negatiivisia arvoja, sillä se sisältää edellisten ennusteiden virheet moninkertaistettuna ja yrittää kompensoida pitemmän ajan jatkuvaa laskua.

Todennäköisimmin toimistorakennusten aloitusten väheneminen ei tule olemaan näin jyrkkää tai pitkäkestoista. Kyseinen ennuste perustuukin hetken 2012/I näkymiin ja piste-estimoinnit edeltäviin ennusteisiinsa.

5.2.4 Teollisuusrakennukset

Aiemmin indikaattoreiden analysoimisessa teollisuus- ja toimistorakennusten tulokset todettiin samankaltaisiksi. Myös ennusteet, kuviot 5.20 ja 5.21, ovat samoilla linjoilla, eli myös teollisuusrakennusten oletetaan vähenevän. Ennusteen mukaan ensin teollisuuden rakentamisessa tapahtuisi noin 1 %:n nousu, jonka jälkeen tuotanto vähenisi vuosittain 11–22 %. Tämä olisi toimistorakennuksia jyrkempää vähenemistä.

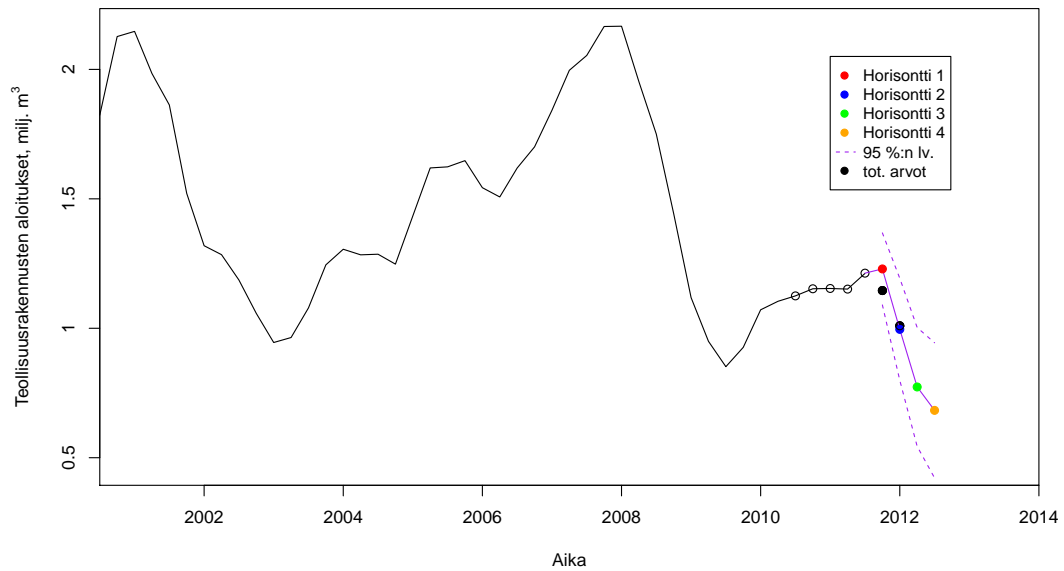
Kaksi ensimmäistä enustetta liukuvalle keskiarvolle kohdistuvat hyvin piste-estimaattien kanssa. Erot ovat 13 700–84 500 m³, joka on 1 000 000–2 000 000 m³ rakentamiseen nähden hyvin pientä. Jälleen molemmat uusimmat arvot mahtuvat 95 %:n ennustevalille.

Keskiarvoennusteet jatkaisivat vuosikymmenen trendiä, jossa teollisuusrakennusten aloitukset ovat vähentyneet pitkällä aikavälillä. Uusimmat ennusteet sijoittuvat entistä matalammalle tasolle, jota ei olisi vielä 2000-luvulla tapahtunut.

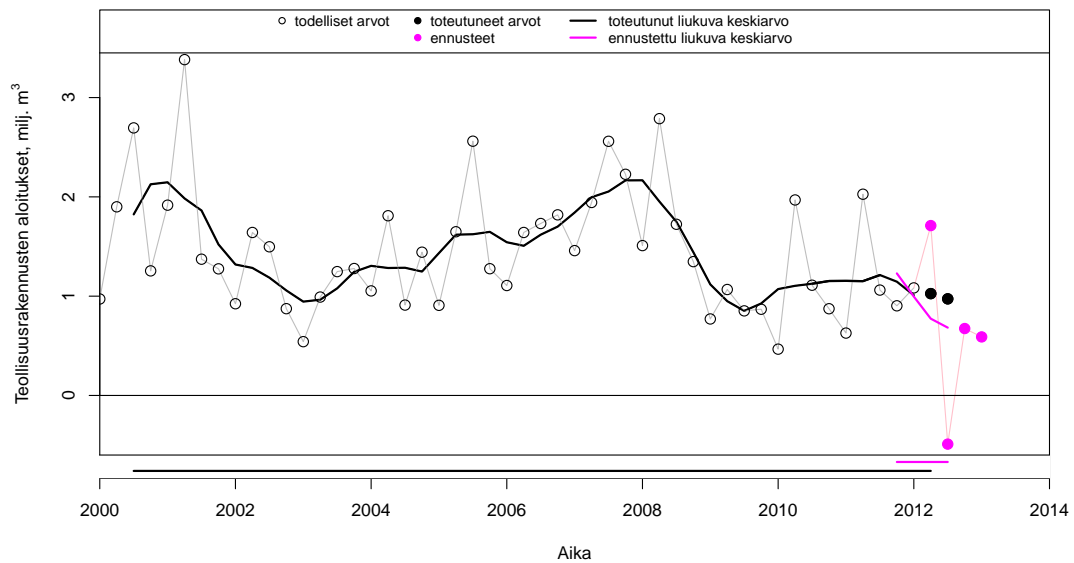
Koska ensimmäinen liukuvan keskiarvon ennuste oli ylimitoitettu, se näkyy myös todellisissa aloitusten ennusteluvuissa. Ensimmäinen kokonaisarvon piste-estimaatti on toteutuneeseen arvoon nähden jonkin verran suurempi. Kun ensimmäisen ennusteen virhe on moninkertaistunut seuraavaan, tulee piste-estimaateista teollisuuden aloituksille hieman haastavia tulkita. Jälleen voidaan todeta, että piste-estimaatit heittelevät liiaksi, koska niissä on liikaa epävarmuutta. Rakentaminen voi hyvinkin siis tasaantua jatkossa.

5.2.5 Liikerakennukset

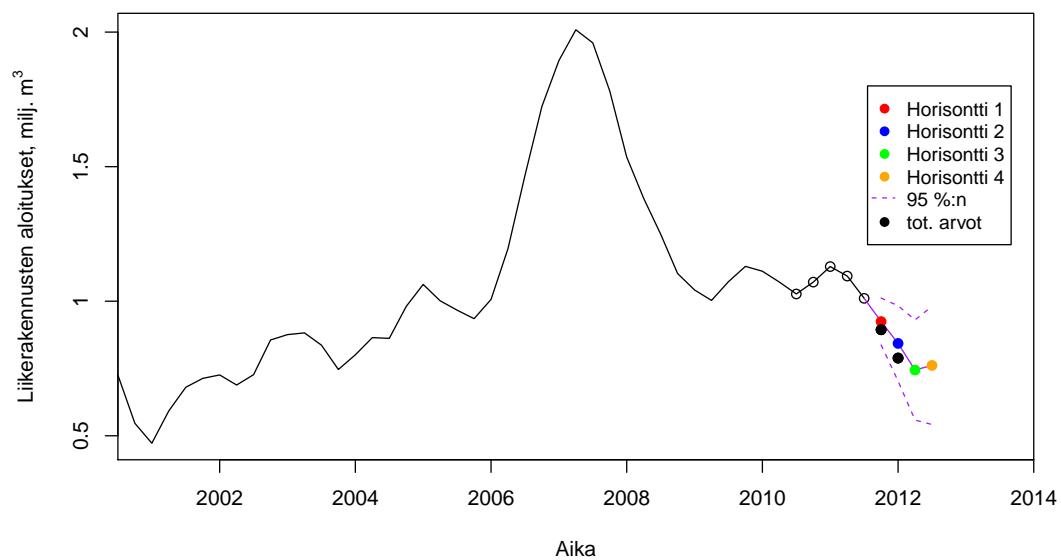
Kuvioissa 5.22 ja 5.23 on esitetty liikerakennuksen aloitusten ennusteet sekä toteutuneet arvot. Niin ikään laskusuhdanne näyttäisi heijastuvan myös kuluttajasektorille, jonka lyhyt ennuste liukuvalle keskiarvolle ennakoisi loivaa vähe-



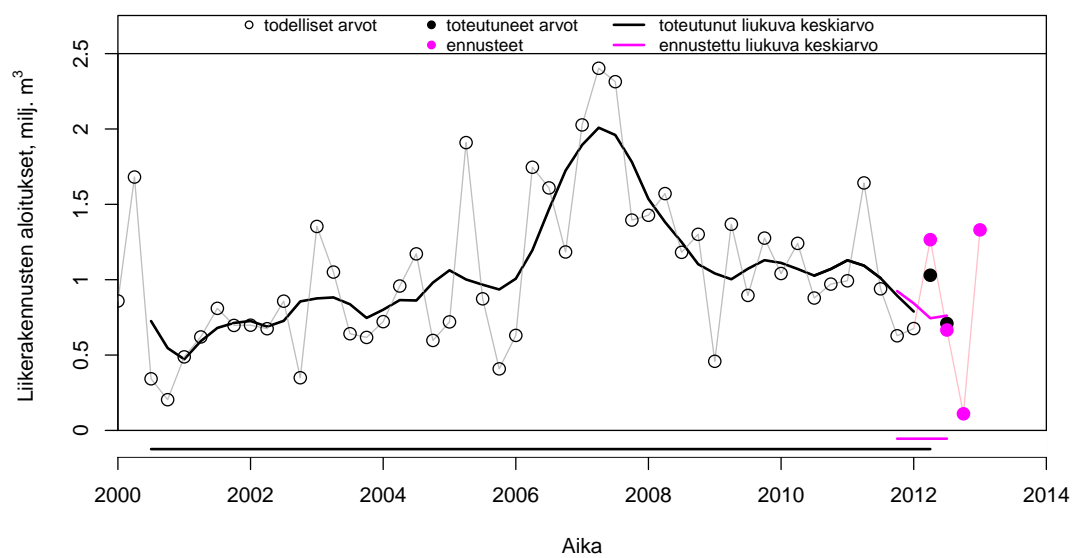
Kuvio 5.20. Teollisuusrakennusten liukuvan keskiarvon ennuste.



Kuvio 5.21. Teollisuusrakennusten todellisten aloitusten ennusteet.



Kuvio 5.22. Liikerakennusten liukuvan keskiarvon ennuste.



Kuvio 5.23. Liikerakennusten todellisten aloitusten ennusteet.

nemistä ja nousua. Liikerakennusten aloitusten oletetaan laskevan loivemmin kuin toimistojen ja teollisuuden puolella, vain 9–12 %:n vuosineljännesmuutoksilla. Kolmen vähenevän periodin jälkeen tuotanto lähtisi aiemmista poiketen jopa nousuun, varovaisella 2 %:n kasvun ennusteella. Ennusteet liikkuvat vuosien 2003–2006 aloitusten tasolla.

Liukuvan keskiarvon kaksi ensimmäistä ennustetta toimivat toteutuneiden arvojen kanssa: ennusteet ovat vain 30 300–54 400 m³ ylimitoitettuja ja pysyivät 95 %:n luottamusvälien sisällä.

Kokonaisennusteiden piste-estimaatit onnistuvat myös kahden toteutuneen arvon kanssa ja piste-estimaattien arvojen erot todellisiin keskiarvoihin olivat pienehköjä. Lisäksi kokonaisennusteissa näyttäisi olevan suurta hajontaa, sillä niiden piste-estimaattien muutokset ovat suuria.

5.2.6 Julkiset palvelurakennukset

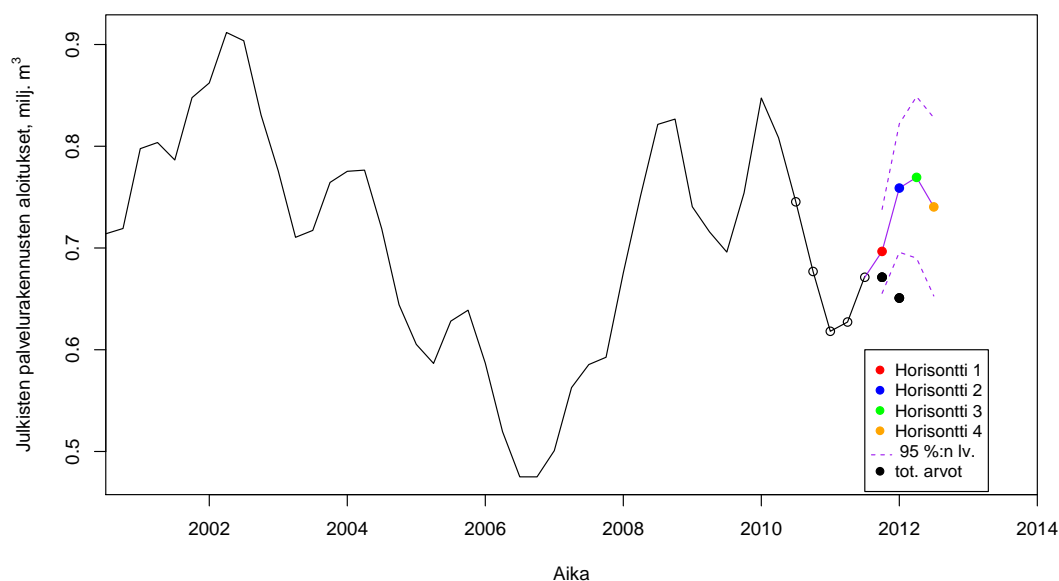
Julkisten palvelurakennusten tapaus oli hieman haastava. Pelkästään lähtökohta näillä aloituksilla on muihin rakennustyyppeihin verrattuna poikkeava. Tämän takia julkisten palvelurakennusten ennusteiden analysointi suoritetaan erilailla.

Ristikorrelaation tuloksissa kävi ilmi, että julkisille palvelurakennuksien aloituksille määritetyt viiveet olivat muista rakennustyypeistä poiketen keskimääräisesti suurempia. Myös samanaikaisia tai yhden viiveen tekijöitä oli selkeästi vähemmän. Nämä havainnot tukivat oletusta, ettei julkinen rakentaminen olisi lyhyen hetken toimintaa, vaan pitemmällä tähtäimellä toteutuvaa tarjontaa. Toisin sanoen sen riippuvuus samanhetkisistä muutoksista ei tulisi olla voimakasta. Tätä vahvistavat myös ennako-oletukset julkisten rakennusten toimimisesta taloudellisten tilanteiden tasoittajana.

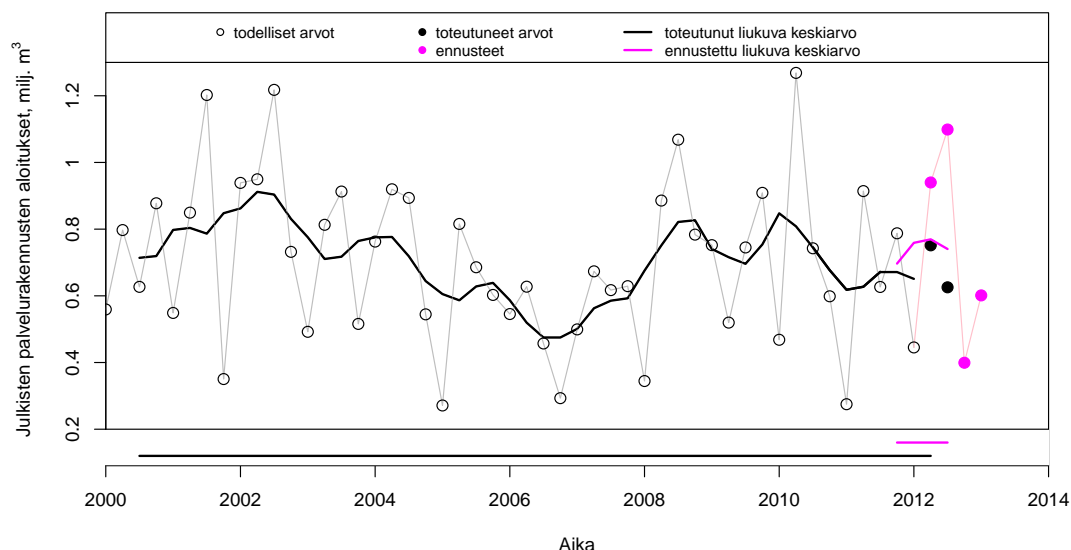
Myös TS-LARS-mallinnus kyseenalaistaa lyhyen tähtäimen ennustettavuuden. Liukuvan keskiarvon ennusteissa neljän horisontin -yhdistelmämallilla saadaan aikaiseksi varsin jyrkästi nouseva aloitusten huippu, kuviot 5.24 ja 5.25. Ennusteet nostaisivat aloitusten tuotantoa 1-9 %:n vuodessa ensimmäisen kolmen piste-estimaatin aikana. Kuitenkin toteutus ei toimi ollenkaan kahden toteutuneen arvon kanssa. Ensimmäinen ennuste toteutuu 95 %:n luottamusvälien sisällä, mutta seuraava jää jo reilusti ulos ennusteen linjalta. Myös kokonaisrakentamisen piste-estimaatit ovat kaukana toteutuneista johtuen huonosti istuvasta keskiarvoennusteista.

Voidaan siis todeta, ettei neljän horisontin yhdistelmä toimi julkisille palvelurakennuksille. Onneksi asiaa voidaan mallintaa myös toisesta näkökulmasta. Jos oletettaisiinkin ristikorrelaation tuloksien perusteella, että julkisten palvelurakennusten ennakoointi olisi suuremmalla viiveellä tapahtuvaa toimintaa. Tällöin myös TS-LARS-mallinnuksen horisontiksi voidaan oletusarvoisesti käyttää vain suurempaa mallin viivettä. Julkisten palvelurakennusten TS-LARS-mallinuksissa pienin keskimääräinen virhe saavutettiin juuri horisontilla 4.

Mallinnus pelkästään horisontilla 4 eli vuotta aikaisemmillä arvoilla on esi-



Kuvio 5.24. Julkisten palvelurakennusten liukuvan keskiarvon ennuste.

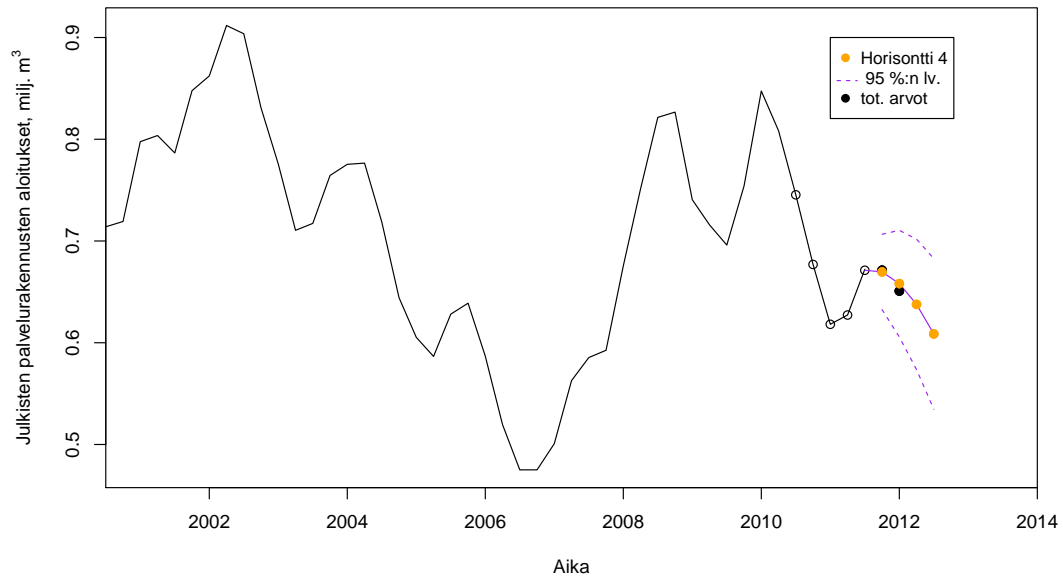


Kuvio 5.25. Julkisten palvelurakennusten todellisten aloitusten ennusteet.

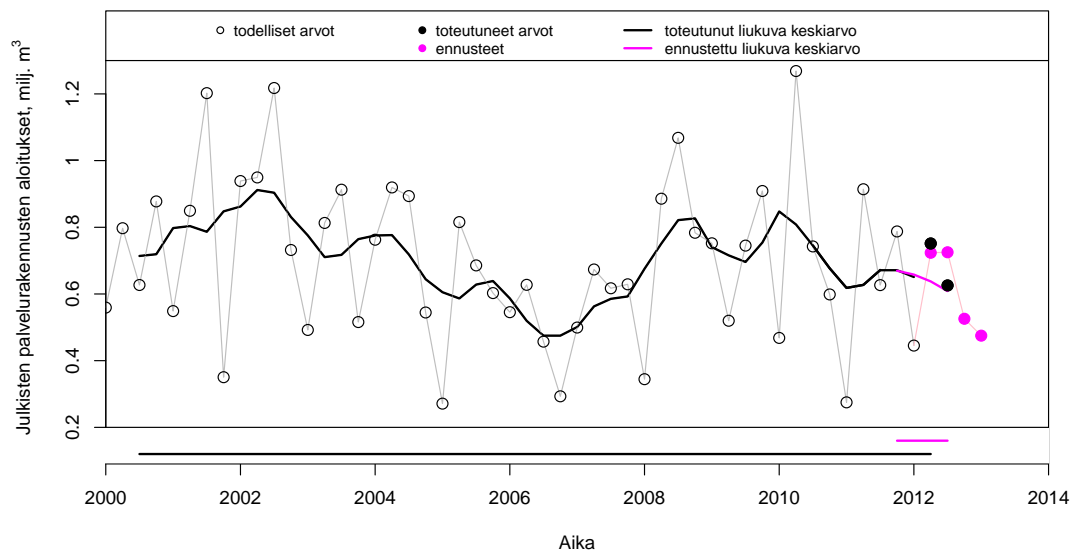
tetty kuvioissa 5.27 ja 5.27. Ennuste poikkeaa selkeästi edellisestä mallista ja ennusteen yleinen kehitys toteuttaisi loivasti alaspäin kääntyvän trendin. Vuosittainen lasku olisi alle 5 %:n luokkaa ja aloitukset olisivat vuoden 2008 tasolla.

Toteutuneet keskiarvot ajanhetkinä 2011/IV ja 2012/I toimivat hyvin ennusteiden kanssa, eroa on vain 1 700–7 200 m³. Molemmat todelliset keskiarvot jäivät helposti luottamusvälin rajojen sisäpuolelle. Myös kokonaisrakentamisen ennusteet vaikuttavat kohtuullisilta: ennusteet eroavat toteutuneista arvoista 27 800–99 500 m³.

Kaiken kaikkiaan näyttäisi, että pelkästään horisontilla 4 tehty mallinnus



Kuvio 5.26. Julkisten palvelurakennusten liukuvan keskiarvon ennuste horisontilla 4.



Kuvio 5.27. Julkisten palvelurakennusten todellisten aloitusten ennusteet horisontilla 4.

olisi luotettavampi kuin neljän horisontin yhdistelmä. Tämä voisi tukea oletusta siitä, että julkisen palvelurakentamisen rakennuspäätökset tehdään hyvinä aikoina ja itse rakentaminen ajoitetaan kompensoimaan yleistä laskusuhdannetta.

6 Yhteenveto

Tutkielma selventää palvelu- ja toimitilarakentamisen rakennetta. Suoritetun ristikorreloinnin sekä ennustamismallien toimimisen perusteella voidaan todeta, että rakennustyypeille pystytään löytämään oleellisia indikaattoreita ja luomaan varteenotettavia ennusteita. Tämä vahvistaa käsitystä, että rakentamisen yleisesti olisi johdettua kysyntää.

Rakennustyypeistä toimisto- ja teollisuusrakennukset saivat eniten indikaattorilöytöjä muihin verrattuna. Lisäksi niiden indikaattorit olivat pitkälti samoja, joten näiden rakennustyyppien kohdalla voidaan puhua samankaltaisuudesta indikaattorien mukaan. Liike- ja julkisten palvelurakennusten keski-suuret indikaattorilöydöt olivat määrällisesti vastaavia, mutta julkiset palvelurakennukset eroavat koko aineistosta luonteeltaan. Ne saavat usein vastakkaisen reaktion indikaattoreista kuin muut rakennustyyppit, eli kokevat huippunsa muiden vastamäessä. Maatalousrakennukset saivat kohtalaisesti indikaattoreita ja muistuttavat yleisesti eniten toimisto-, teollisuus- ja liikerakennuksia. Vain liikenteen ja varastorakentamisen kohdalla indikaattoreiden löytyminen oli haasteellista, ja suora päätelmä olisi, että nämä rakennustyyppit eivät olisi johdettua rakentamista. Toisaalta käytetty tilavuusyksikkö voi vaihdella näillä rakennustyypeillä oleellisesti isoista projekteista riippuen – toisenlainen yksikkö voisi tuoda eri tuloksia.

Yksittäisiä indikaattoreita löytyi paljon, mutta myös joitakin ryhmittymiä pystyttiin tuloksista havaitsemaan. Kategorioista rakentaminen ja luottamusindikaattorit korostuivat usein. Indikaattoreista suurimmilla viiveillä ja selkeinä ryhminä toistuivat erilaiset rakentamista mittaavat muuttujat Euroopassa kuten rakentamisluvat ja rakentamisen määrät. Myös rakentaminen Suomessa ja Suomen asuntojenhintaindeksit ennakoivat merkittävästi. Vaikka luottamusindikaattorit edelsivät keskimääräisesti parhaiten, Suomen luottamusindikaattoreita oli usein muihin maihin verrattuna vähemmän. Edelleen Ruotsi, Tanska, Viro sekä Euroopan talousmaista Belgia, Hollanti, Ranska ja Saksa dominoivat näissä määrällisesti. EU:n ja Euro-maiden luottamusindikaattoreita löytyi myös useampia kappaleita. Indikaattorien maantieteellinen jakautuminen viittaakin Suomen olevan mahdollisesti enemmän muiden maiden vaikutuksen alaisena kuin omien markkinoidensa yksineläjänä.

Ennustemallit muodostettiin TS-LARS-menetelmällä. Malleja tehtiin muutamalla eri horisontilla ja mallien tulokset olivat onnistuneita: menetelmä pysyi valikoimaan muuttujia ja lopulliset mallit olivat tunnuslukujen mukaan hyviä. Onnistuneiden mallien pohjalta ennustettiin rakentamisen tulevaisuutta.

Yhdistetyn horisonttiennusteiden tulokset toimivat kohtalaisesti lyhyellä vertailulla. Liukuvan keskiarvon ennusteet poikkesivat kahdesta todellisesta toteutumasta usein vain vähän. Julkisten palvelurakennusten erityisaseman takia mallissa käytettiin myös toista horisonttiennustetta, joka toimi yhdistelmää paremmin. Voidaan ehkä olettaa, että toimisto-, teollisuus- ja liikerakentamisen puolella ennusteet toimivat lyhyemmillä horisonteilla (neljänneksestä puoleen vuoteen), kun taas julkinen palverakentaminen ennustetaan tarkemmin vuotta aiemmin. Rakentamisen ennusteet näyttivät laskusuhdannetta rakentamisten aloituksille.

Menetelmien mielessä tutkielma tuo esille erilaista lähestymistapaa muuttujien analysointiin ja ennustamiseen. Jaksottainen ristikorrelaation menetelmä todettiin hyväksi esisuodatusprosessiksi ennustamiselle ja se kuvasi hyvin muuttujien riippuvuuksia. Tarkastelua varten kehittämäni ohjelma toimi tarkasti ja löysi oleellista tietoa suuresta tietomäärästä. Lisäksi kyseinen menetelmä toimi usein perinteistä ristikorrelointia paremmin. Uudet lähestymistavat ristikorrelaation tuloksien esittämiseen 3D-kuvien ja viivepyöräkuvioiden kautta ovat myös maininnan arvoisia saavutuksia, kehitetyt grafiikat ovat omaa tuotantoani aina ideasta toteutukseen asti.

Toisena menetelmänä ollut TS-LARS-mallinnus mahdollisti tarkan ajankohdan ennustamisen sekä parhaimpien ennustajien valikoimisen suurestakin aineistomäärästä. Lisäksi tulokset olivat lupaavia lyhyellä aikavälillä.

Tulevaisuudessa ristikorrelaation käyttöä tulisi soveltaa muillekin markkinoille ja menetelmässä käytettyjen jaksojen parametrien valitsemista voisi tutkia tarkemmin. Lisäksi ennustamisessa TS-LARS-mallien horisonttien oleellisuutta tulisi miettiä lukujen tueksi. Edelleen ennusteiden eroja eri horisonttikombinaatioilla tulisi tutkia, muun muassa alkutarkastelujen ja teoreettisten oletusten perusteella. Paremmin kohdennettujen horisonttiyhdistelmien myötä ennusteetkin paranisivat – uusimmat arvot eivät välttämättä tuota parasta ennustettua, kuten tutkielmassa todettiin. Ylipäätänsä pitempiä ennusteita ja niiden toteutumia tulisi tarkastella, jotta menetelmän toimivuudesta saataisiin tarkempia tuloksia.

Kaiken kaikkiaan tutkielma onnistui tarkoituksessaan. Aineistosta onnistuttiin löytämään indikaattoreita ja niitä pystyttiin soveltamaan hyvin ennustamisessa. Ja erityisesti palvelu- ja toimitilarakentamisen profilointi on jälleen tarkentunut.

Kiitokset

Omistan graduni työskentelyn aikana poisnukkuneelle Eeville, joka opetti nauttimaan kaikista elämän pienistä iloista. Olkoon tämä gradukin ilon aihe.

Tutkielman olemassa olosta kiittää saan
VTT ES:n tiimiä ES1082 yhä uudestaan,
mahdollistitte gradun aiheen ja toteutuksen,
muodostitte korvaamattoman lähituen.
Autoitte ymmärtämään itselleni vieraita aiheita
ja sukeltamaan näennäistä pintaa syvemmälle.
Erityisesti Markku Riihimäki edisti työni vaiheita,
josta kiitos, kumarrus ja ilmaisanäytelaatikon täydennys hänelle.

Tampereen yliopisto on tarjonnut myös monen auttajan.
Ohjaajilleni kiitollisuuteni ilmaista haluan,
Arto Luomalle ja Klaus Nordhausenille,
sekä graduseminaarin osallistujille.
Ohjaajien kommentit ja ohjeet toimivat kuin pelastuslautta,
uudet ideat ja näkökulmat syntyivät seminaarin kautta.

Lopulta osoitan suuret suosioni perheelleni ja ystäväilleni,
annoitte aina nostetta väsyneille evilleni.
Milloinkaan kukaan ei kieltäytynyt kyyditys-/muonitusponsoroinnissa,
yhdessä naurettiin kieliasunkin kontrolloinnissa¹.
Henkistä tukea jaettiin ehdoitta ja siitä nöyränä olen nyt,
kiitos teidän: olen tästä selvinnyt!

Myös kiitos sille yön yksinäiselle,
joka piti päämääräni kirkkaana myrskyn silmässä,
valvoen kanssani koodausyössä.

Yksin en olisi tässä,
siksi olen teitä kiittämässä.
Ja kun on valmis näkemään vaivaa – työ palkitaan.
Zemheride yogurt isteyen, cebinde bir inek taşır.

¹huom. 'graafikoita' ei kehitetty tutkielmaa varten

Lähdeluettelo

- Bloom, R. M., Buckerbridge, D. L. & Cheng, K. E. (2007), "Finding Leading Indicators for Disease Outbreaks: Filtering, Cross-correlation, and Caveats", *Journal of the American Medical Informatics Association*, 14, 76–85.
- Brockwell, P. J. & Davis, R. A. (1998), *Time series: Theory and Methods* (2. p.), New York: Springer.
- (2002), *Introduction to time series and forecasting* (2. p.), New York: Springer.
- Cesaroni, T. (2011), "The cyclical behavior of the Italian business survey data", *Empirical Economics*, 41, 747–768.
- Cowpertwait, P. S. & Metcalfe, A. V. (2009), *Introductory Time Series with R*, New York: Springer.
- Cryer, J. D. & Chan, K.-S. (2008), *Time Series Analysis with Applications in R*, New York: Springer.
- Detotto, C. (2012), "Cycles in Crime and Economy: Leading, Lagging and Coincident Behaviors", *Journal of Quantitative Criminology*, 28, 295–317.
- Efron, B., Hastie, T., Johnstone, I. & Tibshirani, R. (2004), "Least angle regression", *An Official Journal of the Institute of Mathematical Statistics*, 32, 407–499.
- Eurostat (2012), [verkkojulkaisu], [viitattu 16.8.2012]. Saatavilla Internetistä: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database.
- Fan, R. Y. C., Ng, S. T. & Wong, J. M. W. (2011), "Predicting construction market growth for urban metropolis: An econometric analysis", *Habitat International*, 35, 167–174.
- Gelper, S. (2009), "Time series least angle regression for selecting predictive economic sentiment series", [verkkojulkaisu], [viitattu 1.11.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://www.econ.kuleuven.be/public/ndbaf40/LarsForTimeSeries.pdf>.
- (2012), *tslars: Least angle regression for time series analysis*. Saatavilla Internetistä: <http://CRAN.R-project.org/package=tslars>, R package version 1.0.
- Gelper, S. & Croux, C. (2008), *Least angle regression for time series forecasting with many predictors*, Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Business and Economics.
- Kangassalo, P. (2009), "EU-kuluttajien luottamus hiipui jo ennen taantumaa", *Tieto&trendit-lehti* 1/09.
- Mellin, I. (2007), "Aikasarja-analyysi", luentomoniste. Saatavilla Internetistä: http://www.sal.tkk.fi/vanhat_sivut/Opinnot/Mat-2.128/IMluennot/EASP100.pdf.

- Nippala, E. & Julin, P. (2012), "Leading indicators for forecasting civil engineering market development", teoksessa *CIB 2012 Conference proceedings*, s. 1–12.
- R Core Team (2012), *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Wien, Itävalta. Saatavilla Internetistä: <http://www.R-project.org/>, ISBN 3-900051-07-0.
- Rikama, S. (2010), "Miten Suomi selviää?", *Tieto&trendit-lehti* 6/10.
- Seestie, H. (2006), "Toimitilakysymysten ratkaisumahdollisuudet ja kehitystrendit vuosina 1990-2005", pro gradu -tutkielma, Tampereen yliopisto, Taloustieteiden laitos.
- Statistics Denmark (2012), Construct and housing [verkkojulkaisu], [viitattu 25.10.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://www.statbank.dk/>.
- Statistics Norway (2012), Industrial activities, construction [verkkojulkaisu], [viitattu 25.10.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://statbank.ssb.no/>.
- Statistics Sweden (2012), Housing, construction and building [verkkojulkaisu], [viitattu 25.10.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://www.scb.se/>.
- Suni, P. (2012), "Raakaöljyyn liittyvät riskit ovat suuria", *Tieto&trendit-lehti* 2/12.
- Suomen Pankki (2012), Nasdaq OMX Helsinki 2012. Suomen osakeindeksit [verkkojulkaisu], [viitattu: 24.9.2012]. Saatavilla Internetistä: http://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/arvopaperitilastot/Pages/tilastot_arvopaperimarkkinat_osakkeet_toimialaindeksit_fi.aspx.
- Suomen Tulli (2012), "Ulkomaankauppatilastoja", [verkkojulkaisu]. [viitattu 17.8.2012]. Saatavilla Internetistä: http://www.tulli.fi/fi/suomen_tulli/ulkomaankauppatilastot/index.jsp.
- Suomen virallinen tilasto (SVT) (2012a), Rakennus- ja asuntotuotanto [verkkojulkaisu]. Helsinki, Tilastokeskus [viitattu: 17.8.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://www.stat.fi/til/ras/>, ISSN=1796-3257.
- (2012b), Asuntojen hinnat [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 17.8.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://tilastokeskus.fi/til/ashi/index.html>, ISSN=1797-3880.
- (2012c), Rakennuskustannusindeksi [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 14.8.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://www.stat.fi/til/rki/index.html>, ISSN=1795-4282.
- (2012d), Neljännesvuositilinpito [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 10.8.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://tilastokeskus.fi/til/ntp/index.html>, ISSN=1797-9749.
- (2012e), Palkkasummakuvaajat [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 8.8.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://tilastokeskus.fi/til/ktps/>, ISSN=1798-6109.
- (2012f), Työvoimatutkimus [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 14.8.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://tilastokeskus.fi/til/tyti/index.html>, ISSN=1798-7830.
- (2012g), Aloittaneet ja lopettaneet yritykset [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 14.8.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://tilastokeskus.fi/til/aly/>, ISSN=1797-0660.

- (2012h), *Energian hinnat* [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 29.10.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://tilastokeskus.fi/til/ehi/>, ISSN=1799-7984.
- (2012i), *Teollisuuden liikevaihtokuvaaja* [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 17.9.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://tilastokeskus.fi/til/tlv/>, ISSN=1798-5943.
- Toimiala Online (2012), *Tilastotietokanta, suhdanteet* [verkkojulkaisu], [viitattu: 17.8.2012]. Saatavilla Internetistä: <http://www2.toimialaonline.fi/>.
- Vainio, T., Belloni, K. & Jaakkonen, L. (2012), *Asuntotuotanto 2030. Asuntotuotantotarpeeseen vaikuttavia tekijöitä*, VTT.
- VTT Expert Services (2012), *Tiimi ES1082, Workshop 5.6.2012*.
- Yule, G. U. (1926), "Why do we Sometimes get Nonsense-Correlations between Time-Series?—A Study in Sampling and the Nature of Time-Series", *Journal of the Royal Statistical Society, Vol. 89, No. 1*, s. 1–63.

Liite A: Simulointeja ristikorrelaatiomenetelmästä

Liitteessä on kaksi esimerkkiä ristikorreloinnin käytöstä. Esimerkit on muodostettu simuloituilla aikasarjoilla ja tarkoitus on osoittaa, että jaksottainen ristikorrelaation laskemisen toimii rakennetussa ohjelmassa.

Ensin esitetään, kuinka ongelmattomassa tapauksessa perinteisen ristikorreloinnin lisäksi myös jaksottainen ristikorelointi löytää vakaan riippuvuuden. Toisessa esimerkissä todistetaan, että vain jaksottainen ristikorelointi havaitsee muuttuneen riippuvuussuhteen.

Pysyvä suhde

Toteutetaan ensin tilanne, missä kahden muuttujan välinen suhde ja riippuvuus on pysynyt vakiona koko havaintoajan. Muodostetaan aikasarjat y ja x . Muuttuja x on AR(1)-sarja, johon on myös lisätty kausikomponentti S_x ja satunnaisuutta edustava komponentti ϵ_x .

$$x_t = 0.7 * x_{t-1} + S_x + \epsilon_x,$$

missä ϵ_x :n arvot ovat normaalisti jakautuneita ja toisistaan riippumattomia. Muuttuja y rakennetaan seurailemaan muuttujaa x viiden aikayksikön viiveellä.

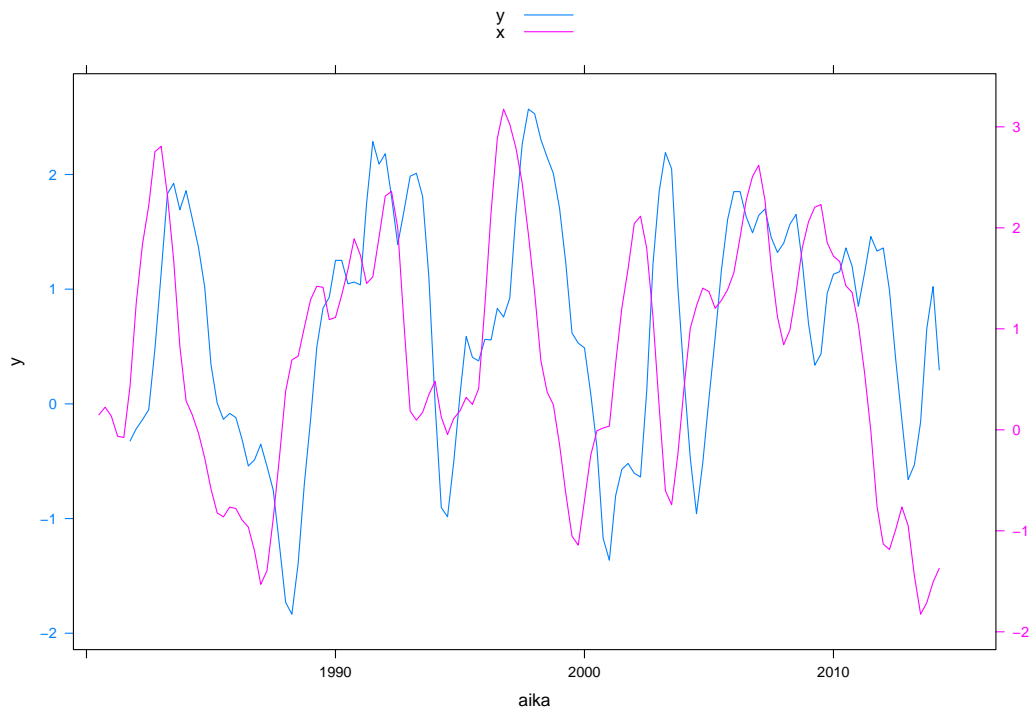
$$y_t = 0.8 * x_{t-5} + S_y + \epsilon_y.$$

Myös muuttuja y saa kausikomponenttinsa S_y ja satunnaisen kohinan ϵ_y . Aikasarjat x ja y on esitetty kuvaajassa 1.

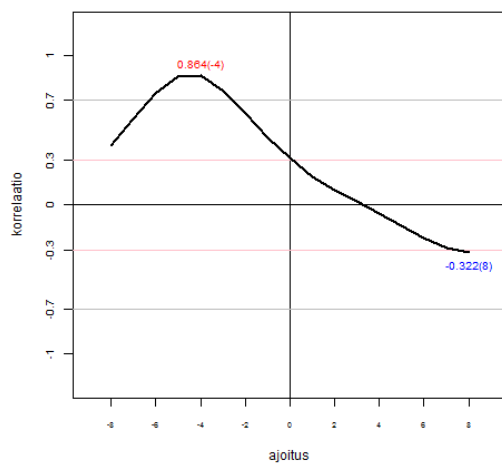
Pysyvä suhde on helppo tunnistaa. Kuviossa 2 löytyvät tulokset sekä perinteisellä että jaksottaisella menetelmällä, jotka molemmat tunnistavat riippuvuussuhteen. Vain pientä eroa on viiveiden määrittämisessä.

Koska molemmissa aikasarjoissa esiintyy paitsi voimakasta yhteisriippuvuutta, myös selkeää AR(1)-prosessia, määräytyy viiveeksi 4-5. Perinteinen ristikorrelaatio antaa molemmille viiveille käytännössä samat korrelaatiokertoimet, mutta jaksottaista korrelaatiota dominoi viive 5, kuva 3.

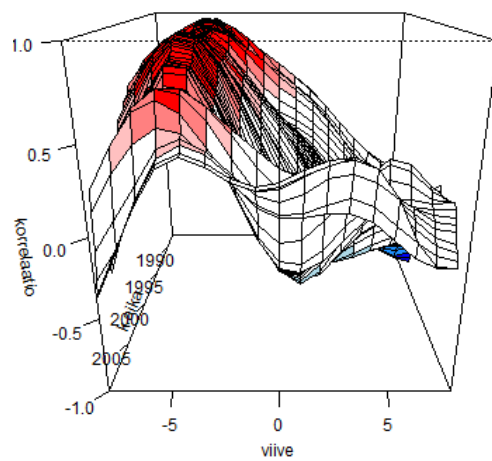
Kun jaksottainen analysointi siirtyy sarjan viimeisistä 48 havainnosta seuraaviin otoksiin, havaintojen lukumäärä vähenee otoksissa. Näitä vaillinaisilla havaintomäärillä laskettuja ristikorrelaatioita (punaisen viivan alapuolella olevat arvot) ei voida tulkita tasa-arvoisesti aikaisempiin tuloksiin verrattuna.



Kuvio 1. Pysyvä suhde, sininen y seuraa 5 neljänestä jäljessä.

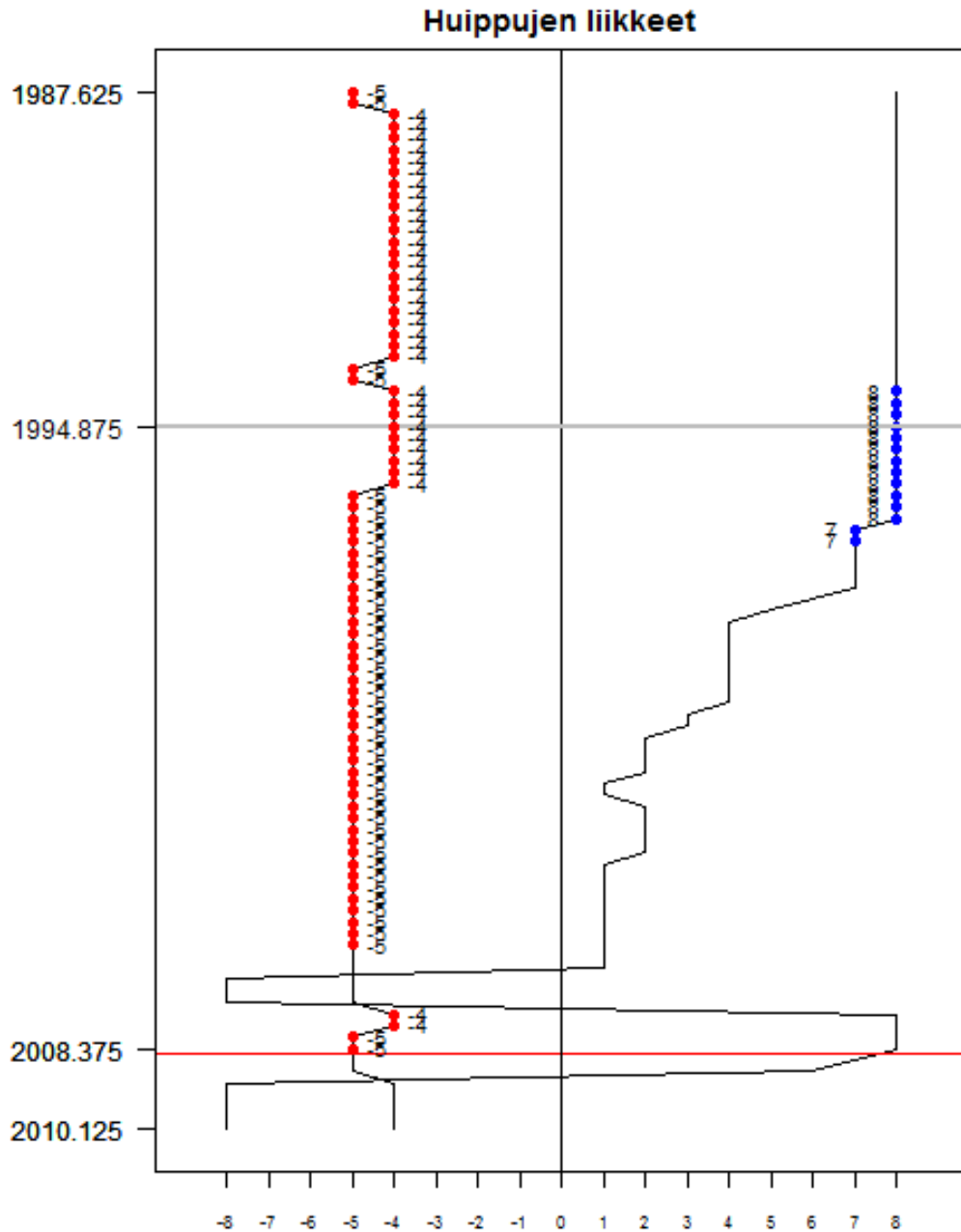


(a) Perinteinen



(b) Jaksottainen

Kuvio 2. Molemmat ristikorraatiomenetelmät tilanteesta.



Kuvio 3. Pysyvän suhteen huippujen liike.

Nytkin merkitsevyys katoaa pienemmillä otoskoilla – kuten on oletettu. Menetelmässä ei huomioida vaillinaisen otoksenkoon korrelaatioita ja näin jaksollisessa ristikorrelaatiossa, joten riippuvuustarkastelussa päädytään viiveeseen 5. Täysin jatkuva ja merkityksellinen korrelaatiojono on yksiselitteinen tulkinnalle.

Yhteenvedona kumpikin menetelmä löytää suhteen muuttujien x ja y välille ja pitää sitä merkitsevänä. Koska muuttujalla x on voimakas riippuvuus edeltävään arvoonsa (x korreloi itsensä kanssa voimakkaasti yhdellä viiveellä), voi

Ajanhetki	Muuttujat	Rooli
1...65	$x = 0.8 * x_{t-1} + S_x + \epsilon_x$ $y = 0.65 * x_{t-5} + S_y + \epsilon_y$	x edeltää y seuraa
66...70	$x_t \sim N(0, 1)$ $y_t \sim N(0, 1)$	- -
71...135	$x = 0.8 * y_{t-5} + S_x + \epsilon_x$ $y = 0.65 * y_{t-1} + S_y + \epsilon_y$	x seuraa y edeltää

Taulukko 1. Muuttujien x ja y suhde ajanhetkillä $t = 1 \dots 135$.

tämä heijastua maksimiviiveiden jakaantumisen viiveille neljä ja viisi.

Roolien vaihto

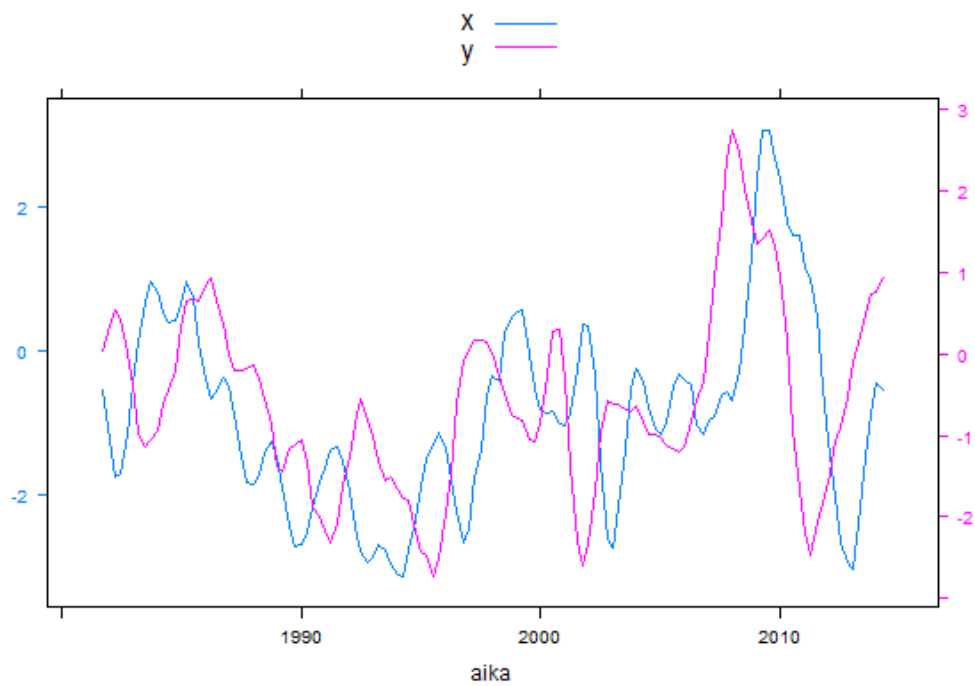
Seuraavaksi simuloidaan tilanne, jossa muuttujien x ja y riippuvuussuhde on muuttunut keskellä aikasarjoja. Alussa toinen muuttuja seuraa, mutta puolessa välissä sarjoja seuraaja siirtyykin edeltäjäksi eli tilanne kääntyy päinvastaiseksi.

Tällä kertaa muuttuja x on ensin AR(1)-prosessi, johon on lisätty kausikomponentti ja satunnaismuuttuja. Muuttuja y seuraa aluksi muuttujaa x viiveellä 5 reilun kymmenen vuoden ajan, sisältäen niin ikään kausikomponentin ja satunnaismuuttujan. Tämän jälkeen muuttujiin on generoitu 5 satunnaista arvoa normaalijakaumasta, joiden jälkeen muuttujasta y muodostuu AR(1)-prosessi. Tällöin muuttuja x alkaa vastaavasti seurata muuttujaa y viiveellä 5. Taulukossa 1 on esitetty muuttujien rakenteet ja suhteet eri ajanhetkinä. Kuvassa 4 on esitetty simuloidut sarjat.

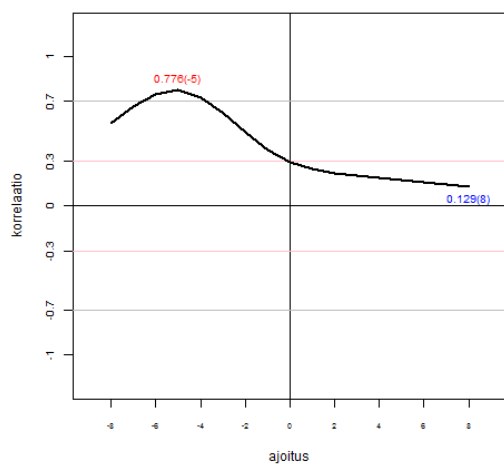
Käytetty perinteinen ristikorrelaatiomenetelmä löytää vain toisen sarjojen sisältämistä suhteista, muuttuja x näyttäisi seuraavan muuttujaa y viiveellä 5. Tämä jälkimmäinen rooli saattaa näkyä merkitsevästi, koska se dominoi osittain ristikorrelaatiota. Suodatuksen valitseminen on myös luultavimmin osittain syy, miksi tulos jää näin voimakkaasti esille, eikä esimerkiksi keskiarvolisesti viiveen 0 kohdalle.

Joka tapauksessa tulos on merkittävästi vaillinainen kokonaisuutta ajatellen ja siitä voitaisiin tehdä väärä johtopäätös muuttujien todellisesta riippuvuussuhteesta. Sen sijaan jaksottainen menetelmä löytää koko totuuden. Kuviossa 5b nähdään kahden huippujakson muodostuminen eri puolille viivettä 0. Molemmista tapauksissa viiveet keskittyvät oikeille kohdille ja vain roolien välinen sopeutumis aika jää korrelaatioilta heikoksi, kuten kuuluukin. Jaksottainen testaus löytää siis erityisen tarkasti riippuvuussuhteen todellisen luonteen.

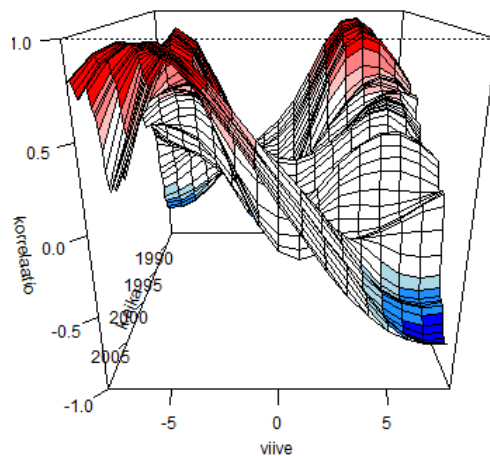
Tarkastelemalla huippujen liikettä (kuvio 6) nähdään, että menetelmä havaitsee suhteellisen nopeasti muuttuneen suhteen ja pystyy tässä tapauksessa määrittämään todellisen viiveen tarkasti viideksi vuosineljänneksi - molemmista tapauksissa. Tämä on oleellinen tulos, sillä alkuperäisenä ideana oli löytää sellaisia suhteita muuttujien välille, jotka eivät ole olleet vakaita vaan elävät muutoksessa.



Kuvio 4. Vaihtuvan suhteen huippujen liike. Ensin muuttuja y (lila) seurailee muuttujaa x (sininen), ja puoleessa välissä roolit vai

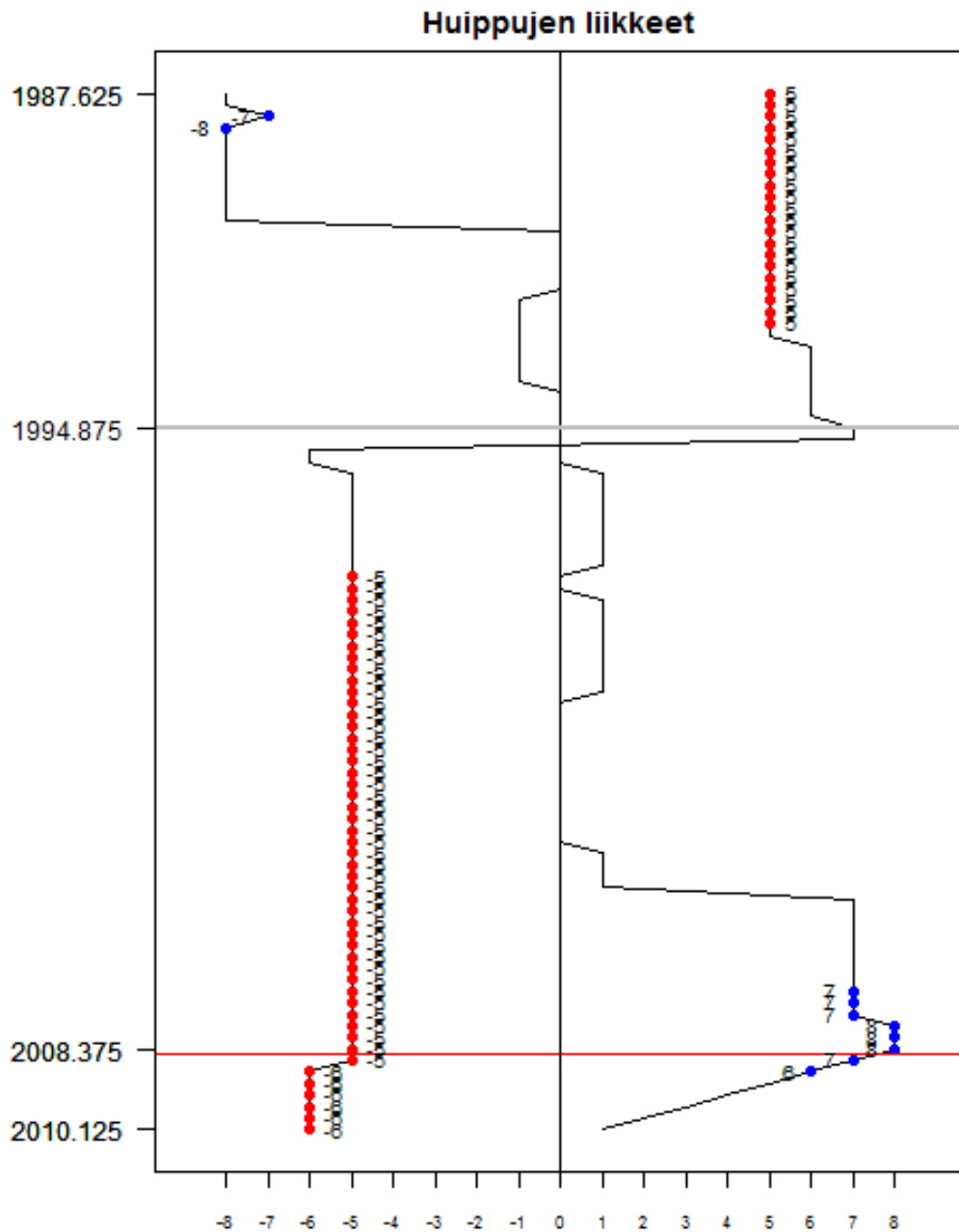


(a) Perinteinen



(b) Jaksottainen

Kuvio 5. Molemmat ristikorraatiomenetelmät tilanteesta.



Kuvio 6. Vaihtuvan suhteen huippujen liike.

Jos muutos ei ole ollut yhtä selkeää kuin esimerkissä, voi viiveen tunnistaminen olla tietenkin paljon hankalampaa. Näin voi tapahtua esimerkiksi tapauksessa missä viive pysyy vakiona lyhyempiä aikoja tai muuttuu jatkuvasti.

Simuloidussa tapauksessa vain jaksottainen menetelmä pystyy tunnistamaan oikean riippuvuuden roolien vaihtuessa. Perinteistä ristikorrelaation tuloksia dominoi vain riippuvuuden toinen vaihe.

Liite B: Muuttujaehdokkaiden listaus

Seuraavilla sivuilla on esitetty kaikki ne muuttujaehdokkaat, joita testattiin rakennustyyppien kanssa. Ehdokkaat on listattu sekä kategorioittain että ryhmittäin. Kategoriat löytyvät taulukoiden yläpuolelta. Taulukoiden ylärivillä on ryhmän nimi, jonka alla ovat ryhmän ehdokkaat. Nimen lisäksi ehdokkaille on voitu mainita yksikkö (kaarisuluissa) ja/tai lyhenne (hakasuluissa), joista jälkimmäinen löytyy vain jos muuttuja on todettu menetelmissä indikaattoriksi.

Aineistojen lähteet kategorioittain, ryhmittäin:

- Rakentaminen
 - Asuntojen hinnat: Suomen virallinen tilasto (SVT) (2012b)
 - Rakentamisen kuutiot: Suomen virallinen tilasto (SVT) (2012a)
 - Rakentamisen indeksejä: Suomen virallinen tilasto (SVT) (2012a) ja (2012c),*.
 - Pohjoismainen rakentaminen: Suomen virallinen tilasto (SVT) (2012a), Statistics Norway (2012), Statistics Sweden (2012) ja Statistics Denmark (2012)
 - Maa- ja vesirakentamisen indeksi: Eurostat (2012)
 - Rakennusten tuottajaindeksi: Eurostat (2012)
 - Rakentamisen tuottajaindeksi : Eurostat (2012)
 - Rakennusluvut asuinrakennukset: Eurostat (2012)
 - Rakennusluvut ei-asuinrakennukset: Eurostat (2012)
- Talous
 - EU bkt: Eurostat (2012)
 - Huoltotase: Suomen virallinen tilasto (SVT) (2012d)
 - Korot: *.
 - Palkkasummakuvaajat: Suomen virallinen tilasto (SVT) (2012e)
 - Pörssikurssit: Suomen Pankki (2012)
 - Työmarkkinat: Suomen virallinen tilasto (SVT) (2012d), (2012f) ja (2012g)
- Energia ja materiaalia
 - Öljyhinnat: Suomen virallinen tilasto (SVT) (2012h)

- Materiaaleja: Suomen virallinen tilasto (SVT) (2012h) ja *.
- Luottamusindikaattorit
 - Luottamusindikaattorit Euro, EU ja Suomi: Toimiala Online (2012)
 - EK Suhdanne-barometri: Toimiala Online (2012)
 - Luottamusindikaattorit Eurooppa: Toimiala Online (2012)
 - Ostobarometrit: *.
- Teollisuus
 - Teollisuuden tekijöitä: Suomen virallinen tilasto (SVT) (2012i)
 - Teollinen tuotanto: Eurostat (2012)

*-merkityissä kohdissa aineistoa on saatu mainittujen lähteiden lisäksi yritysten VTT ja VTT Expert Services tietokannoista elokuussa 2012.

RAKENTAMINEN

Asuntojen hinnat	Rakentamisen kuutiot			Rakentamisen indeksejä
Asuntojen hintaindeksi, Suomi [Ash Fin]	Liikerakennukset luvat [Liil]	Opetusrakennukset valmistuneet	Kaikki rakennukset, valmistuneet	Rakennuskustannus-indeksi
Asuntojen hintareaaali-indeksi, Suomi [AsR Fin]	Liikerakennukset aloitukset [Liia]	Palo- ja pelastustoimen rak. aloitukset		Uudisrakentamisen volyyymi-indeksi; Asuinrakennukset [Uud Asu]
Asuntojen hintaindeksi, pääkaupunkiseutu [Ash PKS]	Liikerakennukset valmistuneet	Palo- ja pelastustoimen rak. valmistuneet		Uudisrakentamisen volyyymi-indeksi; Vapaa-ajanrakennukset [Uud Vap]
Asuntojen hintareaaali-indeksi, pääkaupunkiseutu [AsR PKS]	Toimistorakennukset luvat [Toil]	Varastorak. luvat [VarL]		Uudisrakentamisen volyyymi-indeksi; Liikerakennukset
Asuntojen hintaindeksi, muu Suomi [Ash Muu]	Toimistorakennukset aloitukset [ToiA]	Varastorak. aloitukset		Uudisrakentamisen volyyymi-indeksi; Toimisto-rakennukset [Uud Toi]
Asuntojen hintareaaali-indeksi, muu Suomi [AsR Muu]	Toimistorakennukset valmistuneet [ToiV]	Varastorak. valmistuneet		Uudisrakentamisen volyyymi-indeksi; Liikenteen rakennukset [Uud Lkn]
	Liikenteen rakennukset luvat [LknL]	Maatalous rak. luvat [MaaL]		Uudisrakentamisen volyyymi-indeksi; Julkiset palvelu-rakennukset [Uud Jul]
	Liikenteen rakennukset aloitukset [LknA]	Maatalous rak. aloitukset [MaaA]		Uudisrakentamisen volyyymi-indeksi; Teollisuusrakennukset
	Liikenteen rakennukset valmistuneet	Maatalous rak. valmistuneet		Uudisrakentamisen volyyymi-indeksi; Varastorakennukset
	Julkiset palv.rakennukset luvat [JulL]	Muu rak. luvat		Uudisrakentamisen volyyymi-indeksi; Maatalousrakennukset [Uud Maa]
	Julkiset palv.rakennukset aloitukset	Muu rak. aloitukset [MuuA]		MVR-investoinnit [MVR]
	Julkiset palv.rakennukset valmistuneet	Muu rak. valmistuneet		Talonrakentamisen liikevaihto, määräindeksi [TaM]
	Hoitoalan rakennukset luvat	Teollisuusrak. luvat [TeoL]		
	Hoitoalan rakennukset aloitukset	Teollisuusrak. aloitukset [TeoA]		
	Hoitoalan rakennukset valmistuneet	Teollisuusrak. valmistuneet		
	Kokoontumisrakennukset luvat	Kaikki asuinrakennukset, luvat		
	Kokoontumisrakennukset aloitukset	Kaikki asuinrakennukset, aloitukset		
	Kokoontumisrakennukset valmistuneet	Kaikki asuinrakennukset, valmistuneet		
	Opetusrakennukset luvat	Kaikki rakennukset, luvat (KaiL)		
	Opetusrakennukset aloitukset [OpeA]	Kaikki rakennukset, aloitukset (KaiA)		

RAKENTAMINEN

Pohjoismainen rakentaminen	Maa- ja vesirakentamisen indeksi	Rakennusten tuottajaindeksi	Rakentamisen tuottajaindeksi	Rakennusluvut asuinrakennukset (m ²)	Rakennusluvut ei-asuinrakennukset (m ²)
Suomi, asuinrakennukset luvat (m ³) [AsuL]	Belgia	Tanska [VoB Den]	Tanska [VoC Den]	EU [ARa EU]	EU [ERa EU]
Suomi, asuinrakennukset aloitukset(m ³) [AsuA]	Tanska [Civ Den]	Saksa	Saksa	Euro [ARa Euro]	Euro [ERa Euro]
Suomi, asuinrakennukset valmistuneet (m ³)	Saksa [Civ Ger]	Ranska	Viro [VoC Ee]	Belgia [ARa Bel]	Belgia
Norja, aloitetut toimitilarakennukset (m2)	Viro	Suomi [Vob Fin]	Ranska	Tanska [ARa Den]	Tanska [ERa Den]
Norja, aloitetut asuinrakennukset (m2)	Ranska [Civ Fra]	Ruotsi [VoB Swe]	Italia	Saksa	Saksa
Norja, valmistuneet asuinrakennukset (m2)	Puola	Iso-Britannia	Puola	Viro [ARa Ee]	Viro [ERa Ee]
Ruotsi, asuinrakennusten aloitukset (useam. as./rak) lkm [AMa Swe]	Suomi	Norja [VoB Nor]	Ruotsi	Ranska	Ranska
Ruotsi, asuinrakennusten aloitukset (1-2 as./rak) lkm	Ruotsi [Civ Swe]		Iso-Britannia	Alankomaat	Alankomaat [ERa Hol]
Ruotsi, asuinrakennusten valmistuneet (useam. as./rak) lkm	Iso-Britannia [Civ GB]		Norja [VoC Nor]	Suomi [ARa Fin]	Suomi [ERa Fin]
Ruotsi, asuinrakennusten valmistuneet (1-2 as./rak) lkm	Norja [Civ Nor]			Iso-Britannia [ARa GB]	Iso-Britannia
Ruotsi, toimitilojen rakennusluvut (m2) [ToL Swe]				Norja [ARa Nor]	Norja [ERa Nor]
Tanska, asuinrakennusten aloitukset, lkm [AsaL Den]					
Tanska, valmistuneet asuinrakennukset, lkm					
Tanska, asuinrakennukset aloitukset, pinta-ala (m2) [AsaA Den]					
Tanska, kaikki rakennukset aloitukset, pinta-ala (m2) [KraA Den]					
Tanska, ei-asuinrakennukset aloitukset, pinta-ala (m2) [EaA Den]					
Tanska, valmistuneet asuinrakennukset, pinta-ala (m2)					
Tanska, kaikki rakennukset valmistuneet, pinta-ala (m2)					
Tanska, ei-asuinrakennukset valmistuneet, pinta-ala (m2)					

TALOUS

EU bkt (Indeksi 2000=100)	Huoltotase (Viitevuoden 2000 hintoihin)	Korot (prosenttia)	Palkkasumma-kuvaajat	Pörssikurssit	Työmarkkinat
EU	Bkt [BktH]	Asuntoluotot (uudet nostetut asuntolainat), kesikorko	Koko talous A-X	OMX Helsinki [OMX]	Työttömyysaste
Euro	Tuonti [Tuo]	Eoniakorko	Koko teollisuus B-E	OMX Helsinki Cap [OMX Cap]	Työllisyysaste
Belgia	Vienti [Vie]	Euriborkorko 12kk	Rakentaminen F		Työlliset yrittäjät koko teollisuudessa
Tanska	Julkiset kulutusmenot [Jul KM]	Peruskorko kuukauden lopussa	Talon-rakentaminen		Työlliset yrittäjät rakentamisessa
Saksa [Bkt Ger]	Yksityiset kulutusmenot [Yks KM]		Maa- ja vesirakentaminen		Työlliset yrittäjät kaupassa
Viro	Kotitalouksien kulutusmenot (kansallinen) [KKM]		Erikoistunut rakennustoiminta		Työlliset palkansaajat koko teollisuudessa
Ranska	Investoinnit yhteensä [Inv Yht]				Työlliset palkansaajat rakentamisessa
Italia	Rakennusinvestoinnit [Inv Rak]				Työlliset palkansaajat kaupassa [TPa Kau]
Alankomaat [Bkt Hol]	Investoinnit talorakennuksiin [Inv Tal]				Aloittaneita yrityksiä [AIY]
Puola	Investoinnit asuinrakennuksiin [Inv Asu]				Lopettaneita yrityksiä
Suomi [Bkt Fin]	Investoinnit muihin talorakennuksiin				Yrityskanta
Ruotsi	Investoinnit maa- ja vesirakennuksiin [Inv MVR]				
Iso-Britannia [Bkt GB]	Kone-, laite- ja kuljetusinvestoinnit				
Norja	Investoinnit kuljetusvälineisiin [Inv Kul]				
	Investoinnit muihin koneisiin ja laitteisiin [Inv Muu]				
	Julkiset investoinnit [Inv Jul]				
	Yksityiset investoinnit [Inv Yks]				
	Kokonaiskysyntä [KK]				
	Kotimainen kysyntä [KtK]				

LUOTTAMUSINDIKAATTOREITA

Luottamusindikaattorit Euro, EU ja Suomi		EK Suhdanne-barometri	Luottamusindikaattorit Eurooppa	
Kuluttajien luottamus Euro [KL Euro]	Kotitalouden taloudellinen tila Euro	Teollisuus: Suhdannenäkymät lähitulevaisuudessa	Kuluttajien luottamus Belgia [KL Bel]	Yleinen taloustilanne viim. 12kk, Belgia [YTv Bel]
Kuluttajien luottamus EU [KL EU]	Kotitalouden taloudellinen tila EU [KT EU]	Teollisuus: Vientiodotus lähikk:na	Kuluttajien luottamus Saksa [KL Ger]	Yleinen taloustilanne viim. 12kk, Saksa [YTv Ger]
Kuluttajien luottamus Suomi [KL Fin]	Kotitalouden taloudellinen tila Suomi	Teollisuus: Investointiodotus vuoden kuluttua [Teo IO]	Kuluttajien luottamus Tanska [KL Den]	Yleinen taloustilanne viim. 12kk, Tanska [YTv Den]
Taloudellinen tilanne Euro, viim. 12kk [TTv Euro]	Säästöt Euro, seur. 12kk [Ss Euro]	Teollisuus: Uudet tilaukset, odotus lähikk:na	Kuluttajien luottamus Viro	Yleinen taloustilanne viim. 12kk, Viro
Taloudellinen tilanne EU, viim. 12kk [TTv EU]	Säästöt EU, seur. 12kk [Ss EU]	Rakennusteollisuus: Suhdannenäkymät lähitulevaisuudessa	Kuluttajien luottamus Ranska [KL Fra]	Yleinen taloustilanne viim. 12kk, Ranska [YTv Fra]
Taloudellinen tilanne Suomi, viim. 12kk [TTv Fin]	Säästöt Suomi, seur. 12kk	Rakennusteollisuus: Vientiodotus lähikk:na [Rak VO]	Kuluttajien luottamus Italia	Yleinen taloustilanne viim. 12kk, Italia
Taloudellinen tilanne Euro, seur. 12kk [TTs Euro]	Säästöt Suomi, nyt	Rakennusteollisuus: Investointiodotus vuoden kuluttua	Kuluttajien luottamus Alankomaat [KL Hol]	Yleinen taloustilanne viim. 12kk, Alankomaat [YTv Hol]
Taloudellinen tilanne EU, seur. 12kk [TTs EU]	Työttömyyden odotukset Euro, seur. 12kk [TOs Euro]	Rakennusteollisuus: Uudet tilaukset, odotus lähikk:na [Rak UT]	Kuluttajien luottamus Ruotsi [KL Swe]	Yleinen taloustilanne viim. 12kk, Ruotsi [YTv Swe]
Taloudellinen tilanne Suomi, seur. 12kk	Työttömyyden odotukset EU, seur. 12kk [TOs EU]		Kuluttajien luottamus Iso- Britannia	Yleinen taloustilanne viim. 12kk, Iso-Britannia
Yleinen taloustilanne Euro, viim.12 [YTv Euro]	Työttömyyden odotukset Suomi, seur. 12kk [TOs Fin]		Taloudellinen tilanne viim. 12kk, Belgia [TTv Bel]	Yleinen taloustilanne seur. 12kk, Belgia
Yleinen taloustilanne EU, viim. 12kk [YTv EU]			Taloudellinen tilanne viim. 12kk, Saksa [TTv Ger]	Yleinen taloustilanne seur. 12kk, Saksa [YTs Ger]
Yleinen taloustilanne Suomi, viim. 12kk [YTv Fin]			Taloudellinen tilanne viim. 12kk, Tanska [TTv Den]	Yleinen taloustilanne seur. 12kk, Tanska
Yleinen taloustilanne Euro, seur. 12kk [YTs Euro]			Taloudellinen tilanne viim. 12kk, Viro [TTv Ee]	Yleinen taloustilanne seur. 12kk, Viro
Yleinen taloustilanne EU, seur. 12kk [YTs EU]			Taloudellinen tilanne viim. 12kk, Ranska [TTv Fra]	Yleinen taloustilanne seur. 12kk, Ranska [YTs Fra]
Yleinen taloustilanne Suomi, seur. 12kk			Taloudellinen tilanne viim. 12kk, Italia [TTv Ita]	Yleinen taloustilanne seur. 12kk, Italia
Suuret hankinnat Euro, seur. 12kk [SHs Euro]			Taloudellinen tilanne viim. 12kk, Alankomaat [TTv Hol]	Yleinen taloustilanne seur. 12kk, Alankomaat [YTs Hol]
Suuret hankinnat EU, seur. 12kk [SHs EU]			Taloudellinen tilanne viim. 12kk, Ruotsi [TTv Swe]	Yleinen taloustilanne seur. 12kk, Ruotsi
Suuret hankinnat Suomi, seur. 12kk [SHs Fin]			Taloudellinen tilanne viim. 12kk,Iso-Britannia	Yleinen taloustilanne seur. 12kk, Iso-Britannia
Suuret hankinnat Euro, nyt [SHn Euro]			Taloudellinen tilanne seur. 12kk, Belgia	Suuret hankinnat seur. 12kk, Belgia [SHs Bel]
Suuret hankinnat EU, nyt [SHn EU]			Taloudellinen tilanne seur. 12kk, Saksa [TTs Ger]	Suuret hankinnat seur. 12kk, Saksa [SHs Ger]
Suuret hankinnat Suomi, nyt			Taloudellinen tilanne seur. 12kk, Tanska	Suuret hankinnat seur. 12kk, Tanska [SHs Den]
Hintatrendit Euro, viim. 12kk [HTv Euro]			Taloudellinen tilanne seur. 12kk, Viro	Suuret hankinnat seur. 12kk, Viro
Hintatrendit EU, viim. 12kk [HTv EU]			Taloudellinen tilanne seur. 12kk, Ranska	Suuret hankinnat seur. 12kk, Ranska [SHs Fra]
Hintatrendit Suomi, viim. 12kk [HTv Fin]			Taloudellinen tilanne seur. 12kk, Italia	Suuret hankinnat seur. 12kk, Italia
Hintatrendit Euro, seur. 12kk			Taloudellinen tilanne seur. 12kk, Alankomaat [TTs Hol]	Suuret hankinnat seur. 12kk, Alankomaat [SHs Hol]
Hintatrendit EU, seur. 12kk			Taloudellinen tilanne seur. 12kk, Ruotsi	Suuret hankinnat seur. 12kk, Ruotsi [SHs Swe]
Hintatrendit Suomi, seur. 12kk [HTs Fin]			Taloudellinen tilanne seur. 12kk, Iso-Britannia	Suuret hankinnat seur. 12kk, Iso-Britannia

LUOTTAMUSINDIKAATTOREITA

Luottamusindikaattorit Eurooppa			Ostobarometrit
Suuret hankinnat nyt, Belgia [SHn Bel]	Kotitalouden taloudellinen tila, Belgia	Työttömyyden odotukset seur. 12kk, Saksa [TOs Ger]	Auton ostoaikomus 12kk
Suuret hankinnat nyt, Saksa [SHn Ger]	Kotitalouden taloudellinen tila, Saksa [KT Ger]	Työttömyyden odotukset seur. 12kk, Tanska [TOs Den]	Asunnon ostoaikomus 12kk [As12]
Suuret hankinnat nyt, Tanska [SHn Den]	Kotitalouden taloudellinen tila, Viro [KT Ee]	Työttömyyden odotukset seur. 12kk, Viro [TOs Ee]	Asunnon peruskorjausaikomus 12kk [AP12]
Suuret hankinnat nyt, Viro	Kotitalouden taloudellinen tila, Ranska [KT Fra]	Työttömyyden odotukset seur. 12kk, Ranska [TOs Fra]	Asunnon korjaus 6kk
Suuret hankinnat nyt, Ranska [SHn Fra]	Kotitalouden taloudellinen tila, Italia	Työttömyyden odotukset seur. 12kk, Italia	Kodin sisustus 6kk [KS6]
Suuret hankinnat nyt, Italia	Kotitalouden taloudellinen tila, Alankomaat [KT Hol]	Työttömyyden odotukset seur. 12kk, Alankomaat [TOs Hol]	Vapaa-ajanasunto 6kk
Suuret hankinnat nyt, Alankomaat [SHn Hol]	Kotitalouden taloudellinen tila, Ruotsi [KT Swe]	Työttömyyden odotukset seur. 12kk, Ruotsi [TOs Swe]	Viihde-elektroniikkaa 6kk [Ve6]
Suuret hankinnat nyt, Ruotsi [SHn Swe]]	Kotitalouden taloudellinen tila, Iso-Britannia [KT GB]	Työttömyyden odotukset seur. 12kk, Iso-Britannia	Kodinkoneet 6kk
Suuret hankinnat nyt, Iso-Britannia	Säästöt seur. 12kk, Belgia [Ss Bel]		Lainan ottoaikomus 12kk
Hintatrendit viim. 12kk, Belgia	Säästöt seur. 12kk, Saksa		Ajankohdan otollisuus lainanottoon
Hintatrendit viim. 12kk, Saksa	Säästöt seur. 12kk, Tanska [Ss Den]		Oma talous 12kk kuluttua
Hintatrendit viim. 12kk, Tanska [HTv Den]	Säästöt seur. 12kk, Viro		Säästämismahdollisuudet seur. 12kk
Hintatrendit viim. 12kk, Viro [HTv Ee]	Säästöt seur. 12kk, Ranska		Suomen talous 12kk kuluttua
Hintatrendit viim. 12kk, Ranska	Säästöt seur. 12kk, Italia		Työttömyys Suomessa 12kk kuluttua [TS12]
Hintatrendit viim. 12kk, Italia [HTv Ita]	Säästöt seur. 12kk, Alankomaat [Ss Hol]		Teollisuuden luottamusindikaattori [Teo]
Hintatrendit viim. 12kk, Alankomaat [HTv Hol]	Säästöt seur. 12kk, Ruotsi [Ss Swe]		Rakentamisen luottamusindikaattori [Rak]
Hintatrendit viim. 12kk, Ruotsi [HTv Swe]	Säästöt seur. 12kk, Iso-Britannia [Ss GB]		
Hintatrendit viim. 12kk, Iso-Britannia	Säästöt nyt, Belgia [Sn Bel]		
Hintatrendit seur. 12kk, Belgia [HTs Bel]	Säästöt nyt, Saksa [Sn Ger]		
Hintatrendit seur. 12kk, Saksa	Säästöt nyt, Tanska [Sn Den]		
Hintatrendit seur. 12kk, Tanska	Säästöt nyt, Viro [Sn Ee]		
Hintatrendit seur. 12kk, Viro	Säästöt nyt, Ranska [Sn Fra]		
Hintatrendit seur. 12kk, Ranska	Säästöt nyt, Italia		
Hintatrendit seur. 12kk, Italia	Säästöt nyt, Alankomaat		
Hintatrendit seur. 12kk, Alankomaat [HTs Hol]	Säästöt nyt, Ruotsi [Sn Swe]		
Hintatrendit seur. 12kk, Ruotsi	Säästöt nyt, Iso-Britannia		
Hintatrendit seur. 12kk, Iso-Britannia [HTs GB]	Työttömyyden odotukset seur. 12kk, Belgia [TOs Bel]		

Teollisuuden tekijöitä	Teollinen tuotanto	Tuottajahinta-indeksit
Teollisuuden liikevaihto [TLV]	Teollisuuden tuotantoindeksi, Belgia	Belgia
Teollisuuden varastotilasto, tehdasteollisuus	Teollisuuden tuotantoindeksi, Tanska	Tanska
Teollisuuden varastotilasto, elektroniikkateollisuus	Teollisuuden tuotantoindeksi, Viro [Tet Ee]	Suomi
Teollisuuden varastotilasto, muu metalliteollisuus	Teollisuuden tuotantoindeksi, Suomi [Tet Fin]	Ranska
Teollisuuden varastotilasto, muu tehdasteollisuus	Teollisuuden tuotantoindeksi, Ranska [Tet Fra]	Saksa
Teollisuuden volyymi-indeksi [TVI]	Teollisuuden tuotantoindeksi, Saksa [Tet Ger]	Italia
	Teollisuuden tuotantoindeksi, Italia [Tet Ita]	Alankomaat
	Teollisuuden tuotantoindeksi, Alankomaat	Norja
	Teollisuuden tuotantoindeksi, Norja	Puola
	Teollisuuden tuotantoindeksi, Puola [Tet Pol]	Venäjä
	Teollisuuden tuotantoindeksi, Venäjä [TeT Rus]	Ruotsi
	Teollisuuden tuotantoindeksi, Ruotsi	Iso-Britannia
	Teollisuuden tuotantoindeksi, Iso-Britannia	USA
	Teollisuuden tuotantoindeksi, USA [Tet USA]	

[illegible]

Liite C: Ennustemallit

Tässä liitteessä on esitetty tutkielmassa käytettyjen ennustemallien tulokset toimisto-, teollisuus-, liike- ja julkisille palvelurakennuksille. Tulokset on poimittu R-ohjelmiston tulosteista. Malleja on jokaiselle rakennustyyppille neljä kappaletta eli yksi jokaista horisonttimallia kohti.

Tietoina on esitetty paitsi mallien muuttujat kertoimineen myös virhetermien tunnuskukuja sekä mallien testaamisen tuloksia.

Toimistorakennukset

###Horisontti=1

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-59362	-20463	-747	12414	51799

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)
SnSwe	9911.2945	2765.1055	3.584	0.000927 ***
KLFra	2311.7982	5015.0954	0.461	0.647382
ToiL	0.3381	0.1136	2.977	0.004976 **
YTsEuro	5093.4623	3838.3797	1.327	0.192232

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 25020 vapausastein 39

Selitysaste: 0.7921, Sovitettu selitysaste: 0.7707

F-testisuure: 37.14 vapausastein 4 ja 39, p-arvo: 8.234e-13

###Horisontti=2

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-56553	-21040	-7143	5688	46194

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)
--	------------	------------	--------	----------

y	-3.213e-01	9.907e-02	-3.243	0.00255	**
SnSwe	2.143e+04	3.272e+03	6.550	1.29e-07	***
YTSEuro	-3.761e+03	3.951e+03	-0.952	0.34756	
TTSEuro	2.571e+04	1.088e+04	2.363	0.02363	*
TtvBel	1.487e+04	7.391e+03	2.011	0.05181	.
LiiL	8.298e-02	4.035e-02	2.057	0.04702	*

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 24990 vapausastein 36

Selitysaste: 0.8058, Sovitettu selitysaste: 0.7735

F-testisuure: 24.9 vapausastein 6 ja 36, p-arvo: 1.945e-11

###Horisontti=3

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-85313	-31009	-3734	17685	65797

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)
SHnGer	4.760e+03	1.656e+03	2.874	0.00661 **
YTvHol	2.047e+03	8.857e+02	2.311	0.02634 *
LiiL	1.551e-01	5.607e-02	2.765	0.00872 **

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 36640 vapausastein 38

Selitysaste: 0.5168, Sovitettu selitysaste: 0.4786

F-testisuure: 13.55 vapausastein 3 ja 38, p-arvo: 3.678e-06

###Horisontti=4

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-76669	-14617	5131	18808	36878

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)
SHnGer	3611.06	1734.92	2.081	0.04500 *
AMaSwe	41.40	11.99	3.452	0.00151 **
BktGer	-37342.30	18602.04	-2.007	0.05271 .
AP12	34041.79	15241.59	2.233	0.03220 *

KTEe	14395.90	4262.73	3.377	0.00185	**
Vie	-30.79	10.48	-2.936	0.00592	**

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 28080 vapausastein 34
 Selitysaste: 0.7157, Sovitettu selitysaste: 0.6656
 F-testisuure: 14.27 vapausastein 6 ja 34, p-arvo: 4.729e-08

Teollisuusrakennukset

###Horisontti=1

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-213708	-48722	-19123	43701	121939

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)	
KaiA	1.462e-01	3.744e-02	3.904	0.000354	***
OMX	4.733e+01	2.337e+01	2.025	0.049578	*
UudJul	-1.190e+04	4.257e+03	-2.795	0.007935	**

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 71000 vapausastein 40
 Selitysaste: 0.7492, Sovitettu selitysaste: 0.7303
 F-testisuure: 39.82 vapausastein 3 ja 40, p-arvo: 4.364e-12

###Horisontti=2

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-123101	-51643	2156	55415	139415

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)	
SHnBel	2.547e+04	6.321e+03	4.029	0.000259	***
OMXCap	-1.695e+02	1.207e+02	-1.404	0.168539	
OMX	1.212e+02	3.836e+01	3.160	0.003094	**
KaiL	1.261e-01	4.365e-02	2.889	0.006349	**

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 71180 vapausastein 38

Selitysaste: 0.7604, Sovitettu selitysaste: 0.7352

F-testisuure: 30.15 vapausastein 4 ja 38, p-arvo: 2.506e-11

###Horisontti=3

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-119392	-27713	-18	18581	106189

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)
Lag SHnBel	-1.244e+04	1.482e+04	-0.839	0.4083
Lag OMX	-5.208e+01	5.186e+01	-1.004	0.3239
Lag SHnFra	-1.440e+03	1.428e+04	-0.101	0.9203
Lag LiiA	3.256e-01	1.888e-01	1.725	0.0955 .
Lag SHnHol	-8.107e+03	9.551e+03	-0.849	0.4032
Lag KTEU	-1.552e+05	7.079e+04	-2.192	0.0368 *
SHnBel	3.487e+04	1.606e+04	2.171	0.0386 *
OMX	8.426e+01	6.399e+01	1.317	0.1986
SHnFra	7.645e+03	1.402e+04	0.545	0.5899
LiiA	1.204e-01	1.838e-01	0.655	0.5177
SHnHol	1.350e+04	8.941e+03	1.510	0.1423
KTEU	3.206e+04	7.005e+04	0.458	0.6507

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 60070 vapausastein 28

Selitysaste: 0.8675, Sovitettu selitysaste: 0.8107

F-testisuure: 15.27 vapausastein 12 ja 28, p-arvo: 3.106e-09

###Horisontti=4

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-113315	-34656	-3324	27083	155829

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)
Lag SHnFra	-19895	9990	-1.992	0.05475 .
Lag AREe	8553	1807	4.734	4.03e-05 ***

Lag YTvHol	-14903	5404	-2.758	0.00942	**
SHnFra	34813	9679	3.597	0.00104	**
AREe	-3601	1920	-1.875	0.06966	.
YTvHol	16320	6380	2.558	0.01531	*

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 63460 vapausastein 33
 Selitysaste: 0.7941, Sovitettu selitysaste: 0.7566
 F-testisuure: 21.21 vapausastein 6 ja 33, p-arvo: 4.987e-10

Liikerakennukset

###Horisontti=1

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-81600	-20105	10081	39129	90444

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)	
y	4.113e-01	1.302e-01	3.159	0.00345	**
Ve6	4.108e+04	1.371e+04	2.996	0.00525	**
MaaA	-2.156e-01	2.589e-01	-0.833	0.41108	
KaiL	5.847e-02	3.301e-02	1.771	0.08603	.
ARDen	-7.039e+03	2.941e+03	-2.393	0.02272	*
Lag y	-3.133e-01	1.142e-01	-2.743	0.00989	**
Lag Ve6	1.103e+04	1.591e+04	0.693	0.49318	
Lag MaaA	9.958e-01	2.585e-01	3.852	0.00053	***
Lag KaiL	-8.264e-02	3.132e-02	-2.639	0.01274	*
Lag ARDen	4.611e+03	3.035e+03	1.519	0.13859	

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 44520 vapausastein 32
 Selitysaste: 0.8726, Sovitettu selitysaste: 0.8327
 F-testisuure: 21.91 vapausastein 10 ja 32, p-arvo: 1.406e-11

###Horisontti=2

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
--------	--------------	----------	--------------	---------

-88115 -15702 10112 45296 104700

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)
Lag Ve6	-6.896e+04	1.839e+04	-3.750	0.000680 ***
Lag AREe	4.998e+03	2.011e+03	2.486	0.018167 *
Lag AsaADen	2.227e+03	1.428e+03	1.560	0.128322
Lag MaaA	8.379e-01	3.431e-01	2.442	0.020125 *
Ve6	8.214e+04	2.038e+04	4.031	0.000308 ***
AREe	-8.358e+02	2.106e+03	-0.397	0.693975
AsaADen	-2.290e+03	1.337e+03	-1.713	0.096125 .
MaaA	6.594e-01	3.434e-01	1.920	0.063506 .

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 55810 vapausastein 33

Selitysaste: 0.7873, Sovitettu selitysaste: 0.7358

F-testisuure: 15.27 vapausastein 8 ja 33, p-arvo: 4.338e-09

###Horisontti=3

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-137587	-9962	9395	64690	137323

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)
AREe	5.379e+03	1.631e+03	3.298	0.002240 **
YTsHol	3.457e+03	2.888e+03	1.197	0.239287
KraADen	7.131e+02	3.965e+02	1.799	0.080699 .
SHsHol	3.125e+04	1.900e+04	1.645	0.108952
MaaA	9.000e-01	2.855e-01	3.152	0.003314 **
KaiA	-1.175e-01	2.682e-02	-4.381	0.000102 ***

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 62610 vapausastein 35

Selitysaste: 0.7161, Sovitettu selitysaste: 0.6674

F-testisuure: 14.71 vapausastein 6 ja 35, p-arvo: 2.599e-08

###Horisontti=4

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-106866	-22337	17869	35252	115786

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)	
y	-2.199e-01	9.915e-02	-2.218	0.033366	*
AREe	5.378e+03	1.165e+03	4.617	5.36e-05	***
ARDen	7.508e+03	2.374e+03	3.162	0.003289	**
SHsHol	6.279e+04	1.650e+04	3.806	0.000563	***
ARBel	4.758e+03	4.326e+03	1.100	0.279143	
YtvFin	-6.525e+03	1.929e+03	-3.382	0.001822	**

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 59400 vapausastein 34
 Selitysaste: 0.7478, Sovitettu selitysaste: 0.7033
 F-testisuure: 16.8 vapausastein 6 ja 34, p-arvo: 6.72e-09

Julkiset rakennukset

###Horisonntti=1

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-40045	-16565	-8083	9661	25930

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)	
y	-2.685e-01	1.206e-01	-2.226	0.033659	*
JulL	1.982e-01	1.008e-01	1.965	0.058696	.
KTFra	-6.791e+04	1.607e+04	-4.225	0.000205	***
HTvSwe	-4.777e+03	2.891e+03	-1.652	0.108906	
AsaLDen	-1.036e+02	7.761e+01	-1.335	0.191979	
InvMuu	3.697e+00	8.452e+01	0.044	0.965398	
Lag y	-4.588e-01	1.249e-01	-3.673	0.000930	***
Lag JulL	7.041e-01	1.158e-01	6.079	1.12e-06	***
Lag KTFra	6.277e+04	1.583e+04	3.965	0.000420	***
Lag HTvSwe	6.442e+03	3.133e+03	2.056	0.048581	*
Lag AsaLDen	-6.681e+00	7.155e+01	-0.093	0.926228	
Lag InvMuu	2.636e+02	8.692e+01	3.033	0.004961	**

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 21050 vapausastein 30
 Selitysaste: 0.8703, Sovitettu selitysaste: 0.8184
 F-testisuure: 16.78 vapausastein 12 ja 30, p-arvo: 4.007e-10

###Horisontti=2

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-51160	-21329	-7156	8062	45492

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)	
y	-6.313e-01	9.870e-02	-6.396	2.33e-07	***
JulL	7.199e-01	8.718e-02	8.258	9.83e-10	***
InvMuu	2.925e+02	7.763e+01	3.768	0.000608	***
AREuro	4.878e+03	3.024e+03	1.613	0.115699	
ARDen	-3.276e+03	1.036e+03	-3.164	0.003215	**
TTvFra	-3.667e+04	1.015e+04	-3.613	0.000941	***
KTFra	5.144e+04	1.742e+04	2.953	0.005588	**

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 24360 vapausastein 35
 Selitysaste: 0.7974, Sovitettu selitysaste: 0.7568
 F-testisuure: 19.67 vapausastein 7 ja 35, p-arvo: 2.117e-10

###Horisontti=3

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-49300	-12548	6464	15794	49246

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)	
Lag y	-3.399e-01	1.084e-01	-3.136	0.00381	**
Lag AREuro	2.117e+04	6.171e+03	3.430	0.00178	**
Lag ARFin	-7.262e+03	2.253e+03	-3.223	0.00305	**
Lag AREe	-5.413e+02	7.760e+02	-0.698	0.49081	
Lag TTvFra	1.799e+04	9.491e+03	1.895	0.06777	.
y	-8.997e-02	1.027e-01	-0.876	0.38794	
AREuro	-2.113e+04	6.294e+03	-3.357	0.00215	**
ARFin	1.595e+03	2.564e+03	0.622	0.53856	
AREe	-9.887e+02	7.530e+02	-1.313	0.19917	
TTvFra	-6.509e+03	9.029e+03	-0.721	0.47656	

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 24570 vapausastein 30

Selitysaste: 0.8228, Sovitettu selitysaste: 0.7637

F-testisuure: 13.93 vapausastein 10 ja 30, p-arvo: 1.001e-08

###Horisontti=4

Residuaalit:

Minimi	Alakvartiili	Mediaani	Yläkvartiili	Maksimi
-34292	-8299	997	12593	37413

Kertoimet:

	Estimaatti	Keskivirhe	t-arvo	Tn(> t)
Lag y	2.363e-01	8.992e-02	2.628	0.01399 *
Lag AREe	-1.985e+02	6.433e+02	-0.309	0.76006
Lag MuuA	-5.975e-01	5.388e-01	-1.109	0.27729
Lag MVR	-1.716e+03	2.767e+02	-6.201	1.25e-06 ***
Lag KTFra	-4.143e+04	1.321e+04	-3.137	0.00410 **
Lag ARBel	-5.179e+03	2.068e+03	-2.505	0.01859 *
y	-5.600e-01	8.125e-02	-6.893	2.09e-07 ***
AREe	-1.439e+03	6.241e+02	-2.305	0.02906 *
MuuA	-1.918e-01	4.589e-01	-0.418	0.67929
MVR	1.955e+03	2.654e+02	7.368	6.32e-08 ***
KTFra	4.350e+04	1.366e+04	3.185	0.00363 **
ARBel	4.156e+03	2.001e+03	2.076	0.04750 *

Merkitsevyystasot:

0 [***] 0.001 [**] 0.01 [*] 0.05 [.] 0.1 [] 1

Keskineliövirheen neliöjuuri: 18890 vapausastein 27

Selitysaste: 0.9021, Sovitettu selitysaste: 0.8585

F-testisuure: 20.73 vapausastein 12 ja 27, p-arvo: 1.479e-10